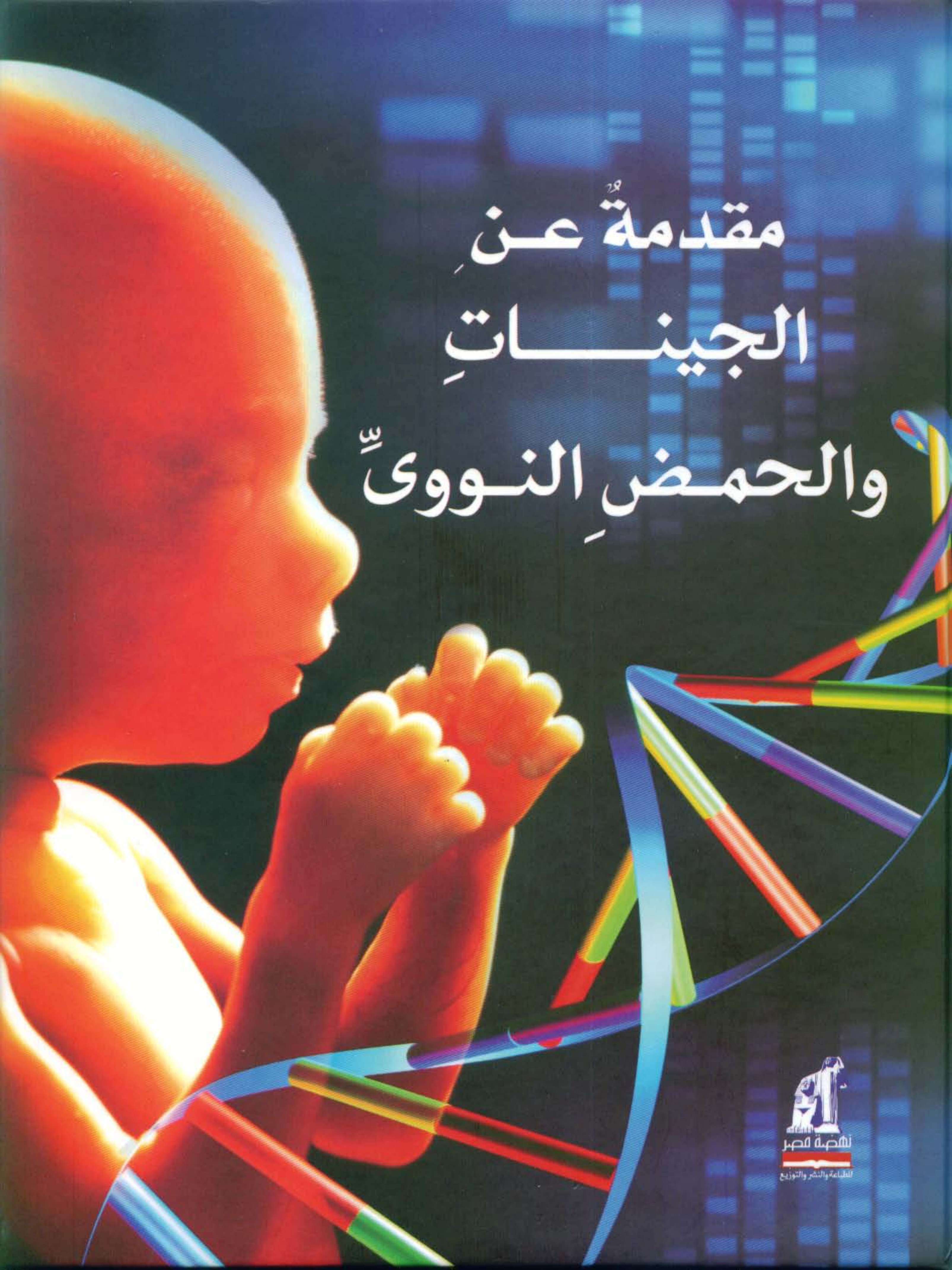
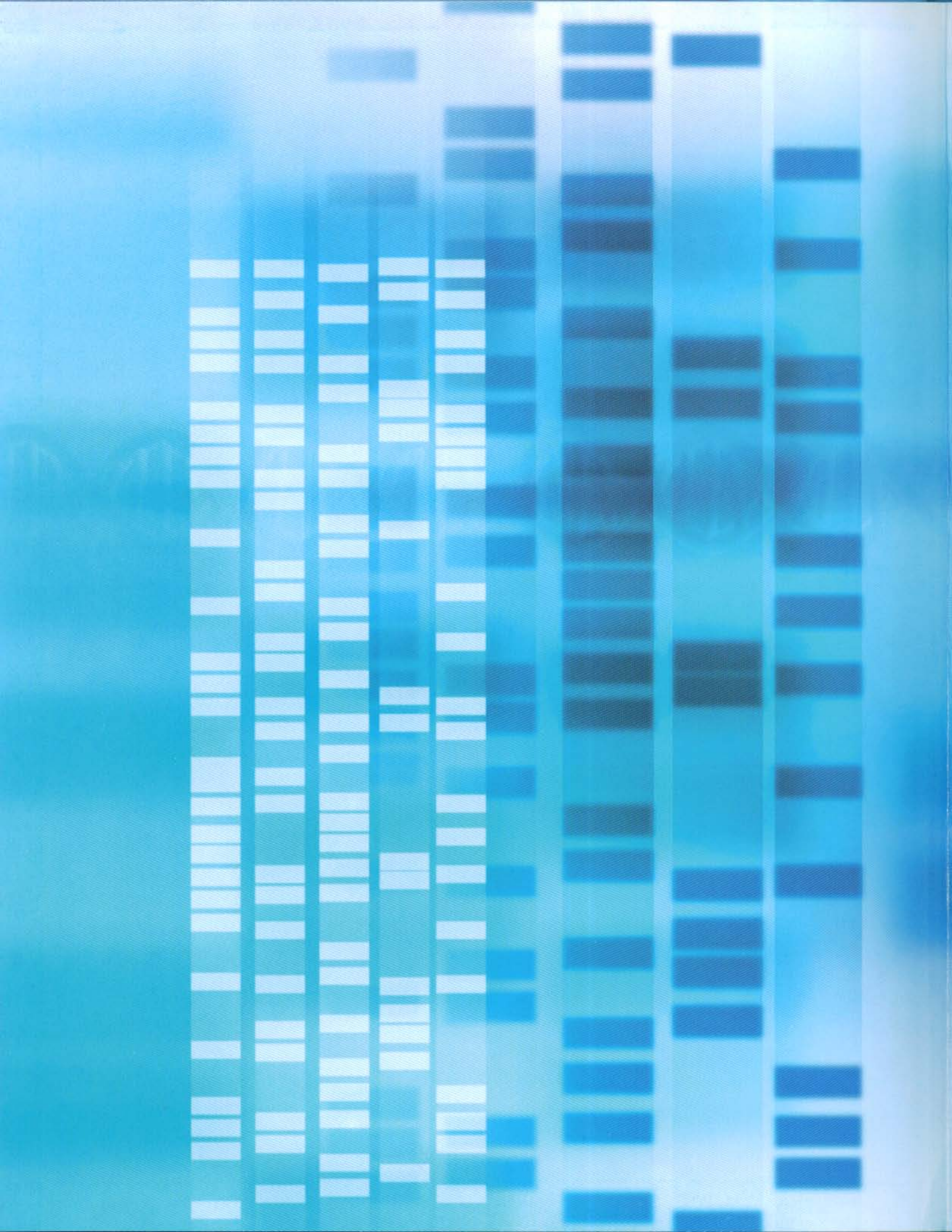
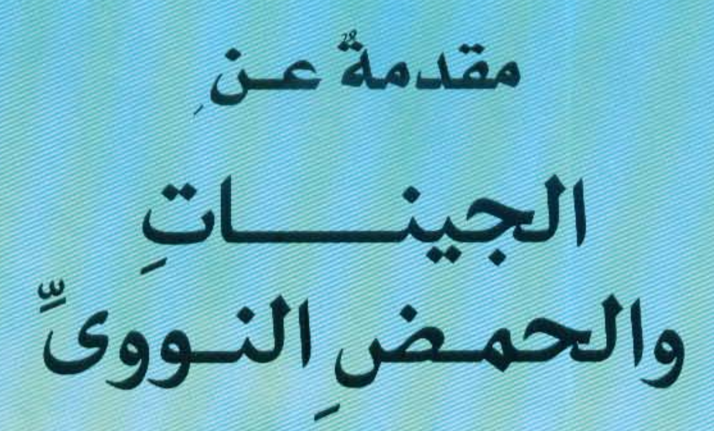

مقدمةٌ عـنِ
الجينـــاتِ
والحمـضِ النـوويِّ
نهضة مصر
للطباعة والنشر والتوزيع









مقدمةٌ عنِ
الجيناتِ والحمضِ النوويِّ

تأليف: آنا كلايبورن

تصميم ورسوم: ستيفن مونكريف

المستشار العلمى: بروفيسور: مايكل جيه ريس



تهاجمُ الفيروساتُ بكتيريا (إى كولاى) عن طريق حقنها بحمضها النوويّ

العنوان: مقدمة عن الجينات والحمض النووى

تأليف: آنا كلايبورن

تصميم ورسوم: ستيفن مونكريف

المستشار العلمى: مايكل جيه ريس

تحرير: فيليستى بروكس

ترجمة: أ. د. ليلى سعدو بالومال

كلية العلوم - جامعة القاهرة

إشراف عام: داليا محمد إبراهيم

Original English title : The Usborne Internet-linked, Introduction to Genes & DNA

Published by arrangement with Usborne Publishing Ltd.
83-85 Saffron Hill, London EC1N 8RT, England

ترجمة كتاب Introduction to Genes & DNA تصدرها شركة نهضة مصر للطباعة والنشر والتوزيع
بترخيص من Usborne Publishing Ltd



الترقيم الدولى: 7-3743-14-977 رقم الإيداع: 20250 /2007 الطبعة 1 : يوليو 2007

الإدارة العامة: 21 شارع أحمد عرابى - المهندسين - الجيزة
تليفون: 3466434 - 3472864 02
فاكس: 3462576 02

المركز الرئيسى: 80 المنطقة الصناعية الرابعة - مدينة 6 أكتوبر
تليفون: 8330287 - 8330289 02
فاكس: 8330296 02

مركز التوزيع: 18 شارع كامل صدقى - الفجالة - القاهرة
تليفون: 25909827 - 25908895 02
فاكس: 25903395 02

فرع الإسكندرية: 408 طريق الحرية - رشدى
تليفون: 5462090 03

فرع المنصورة: 13 شارع المستشفى الدولى التخصصى - متفرع من شارع عبد السلام عارف - مدينة السلام
تليفون: 2221866 050

Website: www.nahdetmisr.com E-mail: publishing@nahdetmisr.com — customerservice@nahdetmisr.com

المحتويـــاتُ

يشـرحُ هـذا القسـمُ العلمـيُّ: ما الجينـاتُ؟ وما الحمضُ النووىُّ؟ وكيفَ يعملان؟ وقد يكونُ صعبًا، ولكـن لا تنزعـجُ ـ حتى كبـارُ العلمـاءِ لا يفهمونَ الجيناتِ والحمضَ النووىَّ تمامًا.

يبينُ هذا القسمُ الذى يتناولُ توريثَ الجيناتِ كيـفَ تنـتـقـلُ الجيـنـاتُ والحمضُ الـنـووىُّ فى العائلاتِ.

هـذا هـو قسمُ الـتـاريـخِ حـولَ كيـفيـةِ اكتشافِ الجيناتِ والحمضِ النووىِّ.

يتناولُ هذا القسمُ علمَ الوراثةِ الآنَ، فيستكْشِفُ قصصَ الجيـنـاتِ الـتـى صـنـعـتْ مـانشيـتـاتِ الـصـحـفِ ـ بدءًا مـن الـنـعـاجِ المستنسخةِ حتى الأطعمةِ المعدلةِ وراثيًا ـ ويشرَحُ الحقائقَ وراءَ هذهِ القصصِ.

يهتم هذا القسمُ «أخلاقياتِ» الصوابِ والخطأ فى علمِ الوراثةِ، ويشرَحُ السببَ فى أنَّ بعضَ الناسِ يعارضُونَ الاستنساخَ والأطعمةَ المعدَّلةَ وراثيًا واختراعاتٍ أُخرى.

هذا القسمُ مفيدٌ كمرجعٍ، وفيه قوائمُ بمئاتِ التواريخِ والأسماءِ والأرقامِ والكلماتِ التى لها علاقةٌ بعلمِ الجيناتِ.

ثــورةُ الجينـــاتِ

تشكّلُ الجيناتُ والحمضُ النوويُّ (الدنا) مادةً مبهرةً للأخبارِ. وقصصًا عن الاستنساخِ والأغذيةِ المعدَّلةِ وراثيًا وأطفالِ «حسب الطلب» واختباراتِ الحمضِ النووى تحتل العناوين الرئيسية بالصحفِ كلَّ يومٍ تقريبًا. ولكن ما الجيناتُ والحمضُ النوويُّ بالضبطِ؟ وأين توجد؟ ولماذا تحظى بكلِّ هذهِ الأهميةِ؟

تغييرُ الكائناتِ الحيةِ

تجاوزَ علماءُ الجيناتِ فى الخمسين سنةِ الماضيةِ مرحلةَ فهمِ الجيناتِ والحمضِ النوويِّ، وتعلّموا أنْ يغيّرُوها أو «يُعدّلُوها وراثيًا»، ويعنى هذا أن بإمكانهم أن يُغيّرُوا الطريقةَ التى تعملُ بها الكائناتُ الحيةُ وأن يبتكرُوا نوعياتٍ جديدةً من الحيواناتِ والنباتاتِ. علومُ الجيناتِ أيضًا وراء العديدِ مــــن الاختراعـــاتِ والاكتشافـاتِ الجديـدةِ الأخرى.

أسدُ البحرِ هذا من الخلايا مثلُها مثلَ كلِّ الكائناتِ الحيةِ. ويتمُّ التحكمُ فى الخلايا عن طريقِ الجيناتِ الموجودةِ بداخلها. ولذا فإنَّ الجيناتِ هى فى الحقيقةِ عبارةٌ عن تعليماتٍ للتحكمِ فى الكائناتِ الحيةِ وتشغيلِها.

ما الجينـــاتُ (المورثاتُ)؟

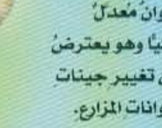
الجيناتُ هى عبارةٌ عن التعليماتِ التى تجعلُ البشرَ والحيواناتِ والنباتاتِ تعملُ. وهى موجودةٌ داخلَ الخلايا التى تتكونُ منها كلُّ الكائناتِ الحيةِ. وتتكونُ الجيناتُ من مادةٍ كيميائيةٍ تُسمَّى الحمضَ النوويَّ. ولذا فإنَّ «جيناتِك» و«حمضَك النوويَّ» يعنيان نفسَ الشيءِ فى أغلبِ الأحوالِ.

اكتشافاتٌ جديـدةٌ

لم يكُنِ العلماءُ يعرفُونَ كيفيةَ عملِ الكائناتِ الحيةِ لزمنٍ طويلٍ. ولم تُفهمِ الجيناتُ والحمضُ النوويُّ. فى الحقيقـةِ، إلا فى المائةِ سنةِ الأخيرةِ. ويعلمُ علماءُ الجيناتِ الآنَ الكثيرَ عن طريقةِ عملِ الجيناتِ وكيفَ تتحكمُ فى الخلايا وفى الكائنِ الحيِّ كلِّه.

القلقُ من الجيناتِ

يشعرُ كثيرٌ من الناسِ بالقلقِ من جراءِ التقدمِ فى علمِ الجيناتِ إذْ يعتقدونَ أنَّ تغييرَ الجيناتِ وتغييرَ الكائناتِ الحيةِ قد يكونُ خطيرًا، وتنظِّمُ الحملاتِ للاعتراضِ على بعضِ أنواعِ من علومِ الجيناتِ.



تبينُ الصورةُ رجلاً يرتدى زيًا وكأنه حيوانٌ مُعدلٌ وراثيًا وهو يعترضُ على تغييرِ جيناتِ حيواناتِ المزارعِ.



اختراعاتٌ مدهشةٌ

فيما يلى نُوردُ بعضَ الإنجازاتِ التى قامَ بها علماءُ الجيناتِ باستخدامِ معرفتِهم الجديدةِ بالجيناتِ والحمضِ النوويِّ.

• **وضعُ خريطةِ الجينوم** قامَ العلماءُ بوضعِ خريطةٍ للجينومِ البشريِّ. وهو عبارةٌ عن مجموعةِ الجيناتِ «المورثات» الكاملةِ المطلوبةِ لبناءِ وتشغيلِ كائنٍ بشريٍّ.

جنينٌ صغيرٌ جداً على سن إبرةٍ استعداداً لاختباره لمعرفة إن كان به أمراض وراثية.

• **الاستنساخُ** استخدمَ العلماءُ علومَ الجيناتِ لإنتاجِ نسخ (نسخ متطابقة) لنوعياتٍ عديدةٍ من النباتاتِ والحيواناتِ.

• **أطفالٌ مصممون** منَ الممكنِ أن تُورَّثَ بعضُ الأمراضِ من الوالدين إلى أبنائهم فى الجيناتِ. ويستطيعُ الأطباءُ أن يُساعدُوا الزوجينِ على إنجابِ طفلٍ سليمٍ عن طريقِ فحصِ الجيناتِ للبحثِ عن جيناتِ الأمراضِ قبلَ أن يبدأَ الوليدُ فى النموِّ.

أحدُ العلماء يأخذُ عيناتٍ من «أوتزى» وهو جثةٌ محنطةٌ وجدتْ فى جبالِ الألب. ومن الممكن أن تساعدَ اختباراتُ الحمض النوويِّ علماءَ الآثار على معرفة عمر المومياوات وكيف كانتْ تبدُو عندما كانتْ حيةً.

• **التعديلُ الوراثىُّ** ويعنى هذا الاصطلاحُ تغييرَ جيناتِ الكائنِ الحىِّ لجعْلِه يعملُ بطريقةٍ مختلفةٍ. وعلى سبيلِ المثالِ قامَ العلماءُ بتطويرِ فئرانٍ معدلةٍ وراثيًا تتوهَّجُ فى الظلامِ.

• **تصنيعُ الأدويةِ** صمَّمَ العلماءُ بكتيريا معدلةً وراثيًا يمكنُها أن تنمِّىَ موادَّ مفيدةً للجسمِ البشريِّ مثلَ الأنسولينِ الذى يُستخدَمُ لعلاجِ مرضٍ يُسمَّى «مرضَ السكرِ».

• **بصمةُ الحمضِ النوويِّ** حيثُ إن لكلِّ شخصٍ حمضًا نوويًا خاصًا به فمن الممكنِ أن يُستخدَمَ اختبارُ «بصمةِ الحمضِ النوويِّ» لاقتفاءِ أثرِ المجرمينَ باستخدامِ عينةٍ من جلده أو أىِّ خلايا أخرى من جسمِه.

فَهْـمُ الجينــــاتِ

تشرحُ الصفحاتُ القليلةُ القادمةُ أساسياتٍ عن ماهيةِ الجينـاتِ ومـا وظيـفـتـهـا؟ وكيـفَ تعـمـلُ؟ والجينـاتُ مُعقدةٌ، وحتى علماءُ الجيناتِ لا يفهمُونَها تمامًا. فقدِ اكتشفُوا الكثيرَ ولكنْ لا يزال هناك الكثير ليكتشِفُوه.

يبدُو الأخطبوطُ ذو الحلقاتِ الزرقاءِ بمظهره الذى هو عليه ويسلكُ السُّلوكَ المعتادَ له بسببِ جيناته. فهى التى تجعلُ خلاياه تنمُو لتكوِّنَ شكلَ الأخطبوطِ وتجعلُ جسمَه يعملُ لذلك يستطيعُ أنْ يحيا تحتَ الماءِ.

كيفَ تعملُ الحياةُ؟

احتارَ الناسُ على مدى قرونٍ فى الإجابةِ عن أسئلةٍ عظيمةٍ عن الحياةِ:

- ما الذى يُعطى الكائنَ الحىَّ شكلَهُ وحجمَهُ ولونَهُ؟
- كيفَ تنتقل صفات مثلُ الطولِ وملامحِ الوجهِ من الوالدينِ إلى الأطفالِ؟
- لماذا يبدُو كلُّ أفرادِ نوعيةٍ معينةٍ متشابهينَ ولكن مع وجودِ فروقٍ طفيفةٍ؟

يعلمُ العلماءُ الآنَ أنَّ الإجابةَ عن كلِّ هذه الأسئلةِ هى «الجيناتُ».

الجيناتُ والخلايا

تتكونُ الكائناتُ الحيةُ من خلايا مجهريةٍ. وعلى سبيلِ المثالِ فإن للإنسانِ ما يصلُ إلى 100 تريليون خليةٍ. وتحتوى الخليةُ النموذجيةُ على نواةٍ أو وحدةِ تحكمٍ بداخلِها مجموعةٌ من الجيناتِ. وهى تتحكمُ فى الخليةِ عن طريقِ إعطائِها التعليماتِ.

برنامجُ عملِ الجيناتِ

لكلِّ صنفٍ أو نوعٍ من الكائناتِ الحيةِ مجموعتُه الخاصةُ من الجيناتِ داخلَ خلاياه. وهى التى تجعلُ هذا النوعَ ينمُو ويعملُ بطريقته الخاصةِ المميَّزةِ له. وهذا هو السببُ فى اختلافِ شكلِ البشرِ وسائرِ الكائناتِ والأخطبوط -على سبيلِ المثالِ- لأنَّ لديْه مجموعاتٍ مختلفةً من الجيناتِ.





صورةٌ مكبّرةٌ لجلدٍ بشرىٍ عليه حباتٌ من العرقِ. ويتكونُ الجلدُ والعرقُ من موادَ كيميائيةٍ تصنعُها الخلايا. والجيناتُ هي التى تُعرفُ الخلايا كيفَ تُصنعُ هذه المواد.

شفرةٌ كيميائيةٌ

ولكنْ كيفَ تقومُ الجيناتُ بتخزينِ التعليماتِ؟ والإجابةُ هى أنها تحتوى على شفرةٍ. فالجيناتُ مصنوعةٌ من الحمضِ النوويّ ويخزّنُ الحمضُ النوويُّ التعليماتِ على هيئةِ نمطٍ منْ أربعِ موادَّ كيميائيةٍ تلعبُ دورَ «حروفِ» الشفرةِ. وتتبعُ الخلايا تعليماتِ الجيناتِ عنْ طريقِ قراءةِ هذه الشفرةِ.

تُبيّنُ الألوانُ الأربعةُ فى هذا الرسمِ الموادَّ الكيميائيةَ الأربعَ التى يتكوّنُ منها الحمضُ النوويُّ. وتعملُ طريقةُ ترتيبِها كشفرةٍ لتخزينِ التعليماتِ.

هذا رسمٌ لقطعةٍ من الحمضِ النوويّ، المادةِ التى تتكونُ منها الجيناتُ.

كتابُ الوصفاتِ

لا تستخدمُ الخلايا جيناتِها مرّةً واحدةً وبدلاً منْ ذلكَ تشبهُ مجموعةُ الجيناتِ الموجودةِ داخلَ كلِّ خليةٍ كتابًا للوصفاتِ. فعندما تحتاجُ خليةٌ ما لإنجازِ عملٍ معينٍ فإنَّها تبحثُ عنِ الجيناتِ الّتى تحتاجُ إليها وتتبعُ التعليماتِ التى تحتوى عليها تلكَ الجيناتُ.

الاختلافاتُ

على الرغمِ من أنَّ لكلِّ البشرِ مجموعةً من الجيناتِ إلا أننا لسْنا جميعًا متشابهين. وعلى سبيلِ المثالِ فإنَّ للأشخاصِ المختلفينَ شعرًا مختلفًا ولونَ عينينِ ولونَ جلدٍ مختلفين. وتنتجُ هذهِ الاختلافاتُ منْ وجودِ اختلافاتٍ طفيفةٍ فِى الجيناتِ. وبفضلِ الاختلافاتِ بينَ الجيناتِ التى تصنعُ الشعرَ يمكنُ أنْ يكونَ أسودَ أو بنيًّا أو أشقرَ أو أحمرَ، مسترسلاً أو مجعدًا.



لكلٍّ منْ هذينِ الطفلين جيناتٌ لصنعِ الشّعرِ البشريّ والجلدِ، ولكنْ هناكَ اختلافًا طفيفًا بينَ الوصفتين.



أينَ توجدُ الجيناتُ؟

تُتيحُ لكَ الصورُ المعروضةُ على هذهِ الصفحاتِ فرصةَ النظرِ داخلَ خليةٍ بشريةٍ حتى تستطيعَ أن ترَى أين تُوجدُ الجيناتُ بالضبطِ، وكيفَ تحتلُّ موقعًا ملائمًا داخلَ كلِّ خليةٍ. ويمكنُكَ أيضًا أنْ ترى كيف تتكوَّنُ الجيناتُ من خيوطِ الحمضِ النوويِّ.



لديكَ العديدُ من الأنواعِ المختلفةِ من الخلايا. والخلايا المبينةُ هيَ منْ خلايا الدمِ.

الخليةُ منَ الداخلِ

تحتوى الخليةُ البشريةُ النموذجيةُ على نواةٍ وعدةِ أجزاءٍ أصغرَ منها تُسمَّى العضياتِ.

النواةُ هى وحدةُ تحكُّمِ الخليةِ.

تقومُ العضياتُ بمهامَّ للخليةِ مثلِ تصنيعِ وتخزينِ موادِّ الجسمِ الكيميائيةِ.

النـــواةُ

صورةٌ مقربةٌ لنواةِ خليةٍ.



توجَدُ داخلَ النواةِ صبغياتٌ تحتوى على الحمضِ النوويِّ.

إنَّ كلَّ خليةٍ هيَ عبارةٌ عن وحدةٍ قائمةٍ بذاتِها تحميها قشرةٌ تُسمَّى غشاءَ الخليةِ. وتُوجدُ داخلَ الخليةِ وحدةُ تحكمٍ تُسمَّى النواةَ وبضعةُ أجزاءٍ أخرى تُسمَّى العضياتِ.

وتقومُ الخلايا بأداءِ كلِّ المهامِّ التى تحافظُ على استمرارِ الجسمِ البشريِّ مثلَ تصنيعِ موادَّ للجسمِ تُسمَّى البروتيناتِ وبناءِ خلايا جديدةٍ عندَما تموتُ الخلايا القديمةُ. وتعملُ كلُّ خلايا جسمِكَ معًا حتى تظلَّ حيًّا وبصحةٍ جيدةٍ.

تبدُو نواةُ الخليةِ عادةً مثلَ كرةٍ مستديرةٍ قُرْبَ منتصفِ الخليةِ. وتختزنُ الجيناتِ داخلَها. وتحتوى كلُّ نواةِ خليةٍ فِى الجسمِ علَى نسخةٍ من نفسِ مجموعةِ الجيناتِ.

وتتكوَّنُ الجيناتُ من مادةٍ كيميائيةٍ تُسمَّى الحمضَ النوويَّ ويشكِّلُ الحمضُ النوويُّ نفسَه على هيئةِ شرائطَ طويلةٍ تُسمَّى الكروموسوماتِ (الصبغياتِ). وتحتوى كلُّ نواةٍ علَى 46 كروموسومًا، أما الجيناتُ فهى منسقةٌ على طولِ الكروموسوماتِ.

هذا الحلزونُ المزدوجُ الذى تربطُه «درجاتٌ» مثلُ درجاتِ السلمِ عبارةٌ عنْ شريطٍ منَ الحمضِ النوويِّ.

الكروموسومات

ما الحمضُ النووىُّ؟

مـا الجـينُ؟

فى هذا الرسم تمَ فصل أحد الكروموسومات وتكبيرُها لإيضاح كيف تتكوّنُ.

الكروموسوماتُ عبارةٌ عن خيوط طويلةٍ ودقيقةٍ من الحمض النووىّ ولكنّها غالبًا ما تلتفُّ حولَ نفسِها على هيئةِ أشكالٍ قصيرةٍ وسميكةٍ كتلكَ المبينةِ فى هذا الشكل.

وتحتوى الصِّبغياتُ الستُّ والأربعونَ الموجودةُ معًا فى نواةِ كلِّ خليةٍ على مجموعةٍ كاملةٍ من الجيناتِ البشرية، مما يعنى أنَّ هناك مجموعةً تامّةً من أكثرَ من 30000 جينٍ بشرىٍّ فى كلِّ خليةٍ من جسمِكَ تقريبًا. (هناك بعضُ الأنواعِ القليلةِ من الخلايا غيرِ العاديةِ التى لا يُوجدُ بها أنويةٌ «جمع نواة» ولا تحتوى على جينات).

ترمزُ الحروفُ الثلاثةُ إلى اصطلاحِ الحمضِ النووىِّ الريبىِّ المنقوصِ الأكسجين. وهو نوعٌ من الأحماضِ الضعيفةِ الّتى تكوّنُ بصورةٍ طبيعيةٍ شكلَ سلّمٍ طويلٍ مُلتوٍ يُسمّى الحلزونَ المزدوجَ.

ويحتوى الحمضُ النووىُّ على أربعِ موادَّ كيميائيةٍ تُسمّى القواعدَ. وهذه الموادُّ هى الأدنين والسيتوزين والجوانين والثايمين (A و C و G و T على سبيل الاختصار) الّتى تكوّنُ أزواجًا تُسمّى الزوج القاعدى. ويصنعُ كلُّ زوجٍ من القواعدِ المتزاوجةِ «درجةً» واحدةً من درجاتِ سلّمِ الحمضِ النووىّ.

الجينُ هو مقطعٌ من كروموسوم، يحتوى على تتابعٍ خاصٍّ للحمضِ النووىّ. ويعملُ نمطُ القواعدِ الأربعِ A و C و G و T فى الجينِ كشفرةٍ لإنتاجِ مادةٍ معينةٍ من موادِّ الجسمِ. وهناكَ المزيدُ من المعلوماتِ حولَ طريقةِ عملِ هذهِ الشفراتِ على صفحتَىْ 12، 13.

الكروموسومات

الكروموسومات عبارةٌ عن خيوط طويلةٍ منَ الحمضِ النوويّ. وهيَ وحداتُ التخزينِ الّتى تحتفظُ بالجيناتِ. وترتيبُ حمضِنا النوويّ هكذا على هيئةِ وحداتٍ هو الذى يسهّلُ علينا توريثَ الجيناتِ للجيلِ التالِى. وتحتوِى تقريبًا كلُّ خليةٍ منْ خلايانَا علَى 23 زوجًا منَ الكروموسومات أى 46 كروموسومًا فِى كلِّ خليةٍ.

تُبينُ تلكَ الصورةُ التى التقطت بواسطةِ ميكروسكوبٍ إلكترونىٍّ ماسحٍ بعضَ الكروموسومات البشريةِ.

أزواجُ الكروموسومات

قدْ تكونُ لاحظتَ أنَّ لَدَى كلِّ الحيواناتِ الّتى ذُكِرتْ حتّى الآنَ أعدادًا زوجيةً منَ الكروموسومات. والسببُ هو أنَّ الكروموسومات تكونُ على هيئةِ أزواجٍ. فكلُّ فردٍ يحصلُ على مجموعةٍ متساويةٍ منَ الكروموسومات منْ كلٍّ منَ الوالدينِ فيكونُ الرقمُ الإجمالىُّ زوجيًّا.

★ لدَى السَّمندل 24 كروموسومًا

12 منَ الأمّ

12 منَ الأب

لدَى ذبابةِ الفاكهةِ 8 كروموسومات

4 منَ الأمّ

4 منَ الأب

هناكَ قرابةٌ شديدةٌ بينَ القططِ البريةِ الكبيرةِ مثلَ الفهدِ المصورِ أعلاهُ والقططِ الأليفةِ مثلَ تلكَ المصورةِ أدناهُ إذ إنَّ لكلٍّ منهما 38 كروموسوم فى كلِّ خليةٍ.

لمـــاذا 46؟

لا يعلمُ أحدٌ السّببَ فِى أنَّ للبشرِ 46 كروموسوم. وللكائناتِ الحيةِ المختلفةِ أعدادًا مختلفةً منَ الكروموسومات، ولكنّها لا ترتبطُ بمدَى ضخامةِ أوْ تعقيدِ الكائنِ وعلَى سبيلِ المثالِ للكلابِ 78 كروموسومًا بينما لَدَى النمورِ 38 ولَدَى ذبابةِ الفاكهةِ 8 ولَدَى بعضِ نباتاتِ السرخس 1262.

وليسَ للكروموسومات نفسُ الطولِ فِى الأنواعِ المختلفةِ. فلَدَى السَّمندل 24 كروموسومًا فقطُ، ولكنّها منَ الطولِ بحيثُ يكون إجمالى ما لدى السَّمندل منَ الحمضِ النووىّ ما يزيدُ علَى عشرةِ أضعافِ ما لدى الإنسانُ.

هلْ هى على شكلِ حرفِ X؟

تلتفُّ الكروموسومات أحيانًا علَى هيئةِ أشكالِ X سميكةٍ. وكثيرًا مَا تُرَى هذهِ الأشكالُ فِى الصورِ لأنَّ رؤيةَ الكروموسومات تكونُ أسهلَ مَا يمكنُ عندمَا تتخذُ هذَا الشكلَ. ولكنْ فِى كثيرٍ منَ الأحيانِ تكونُ الكروموسومات عبارةً عنْ خيوط طويلةٍ ودقيقةٍ منَ الحمضِ النوويِّ الذى يطفُو فِى نواةِ الخليةِ. وقدْ وصَفَها أحدُ العلماءِ قائلاً: «إنَّها تُشبهُ خيوطًا طويلةً منَ المكرونةِ الإسباجتى فِى سلطانيةِ سمكٍ».

صبغيةُ بكتيريةُ إى كولاى عبارةٌ عن حلقةٍ ملتفةٍ مِن الحمض النووىّ (مبيّنةٍ هنا باللونِ الأحمرِ).

كلُّهم فِى قطعةٍ واحدةٍ

فِى بعضِ الكائناتِ الحيةِ البسيطةِ مثلَ البَكْتريا يوجدَ الحمضُ النووىُّ كلُّهُ فِى خيطٍ واحدٍ طويلٍ. وعلَى سبيلِ المثالِ فإنَّ كلَّ الحمضِ النووىِّ لبكتيريةِ إى كولاى (E.Coli) يوجدُ علَى هيئةِ كروموسوم واحد حَلَقى الشكلِ تلتفُّ داخلَ البكتيريةِ.

عدُّ الكروموسومات

أطلقَ العلماءُ أسماءً عَلَى الكروموسومات البشريةِ طبقًا لحجمِها، وبذلكَ يُسمَّى أكبرُ زوجِ كروموسوم أو الزَّوجُ الذى يليهِ كروموسوم، وهكَذَا. ويُسمَّى الزوجُ الأخيرُ XX أو YX. ويساعدُ هذَا النظامُ العلماءَ على تتبُّعِ أىٍّ مِنَ الجيناتِ يقعُ علَى أىٍّ مِنَ الكروموسومات.

تبينُ هذه الصورةُ المجهريةُ مجموعةً كاملةً من كروموسومات الإناثِ من البشرِ. وقد أضيفَت الألوانُ للصورةِ لتسهيل رؤيتها.

1 2 3 4 5 6
7 8 9 10 11 12
13 14 15 16 17 18
19 20 21 22 XX

إكس ، واى (X و Y)

تتطابقُ الكروموسومات فِى الرجالِ والنساءِ إلا فِى حالةِ زوجٍ واحدٍ منَ الثلاثةِ والعشرينَ زوجًا. وتحدّدُ كروموسوم واحدةٌ منْ هذَا الزوجِ الأخيرِ مَا إذَا كانَ الجنينُ سيصبحُ ذكرًا أمْ أنثى.

فإذَا كانَ الجنينُ أنثى كانَ زوجُ الكروموسومات منْ نفسِ النوعِ ويشبهُ باقِى الكروموسومات. أمَّا إنْ كانَ ذكرًا فإنَّ إحدَى الكروموسومين تكونُ أقصرَ منَ الأخْرى. وتُسمَّى كروموسوم Y.

★ الزوجُ الثالثُ والعشرونَ من الكروموسومات

لدى النساءِ كروموسومان كاملا الطول يسميان كروموسومى X.

لدى الرجال كروموسوم X واحد كامل الطول وكروموسوم أقصرُ منه يسمّى كروموسوم Y.

شفرةُ الجيناتِ

«تكتبُ» الجيناتُ كشفرةٍ باستخدامِ القواعدِ الأربعِ A وC وG وT. ولكنْ كيف يمكنُ لشفرةٍ من أربعةِ أحرفٍ فقط أن تكتبَ وصفةً لشيءٍ بمثلِ تعقيدِ الإنسانِ؟

خيوطُ القواعدِ

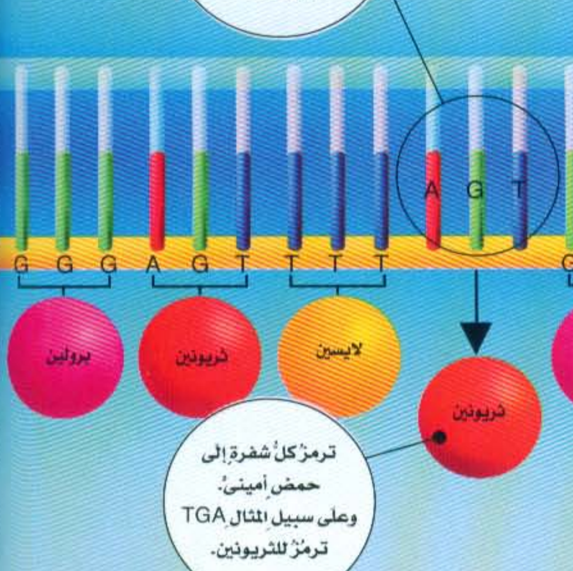
يبينُ الرسمُ أدناهُ جزءًا من جينٍ مكوَّنٍ من شريطٍ من الحمضِ النوويِّ الذى يحتوى على القواعدِ الأربعِ A وC وG وT. وتتبعُ الخليةُ التعليماتِ الموجودةَ فى الجينِ عن طريقِ قراءةِ نمطِ القواعدِ على طولِ أحدِ جوانبِ شريطِ الحمضِ النوويِّ.

مجموعاتٌ من ثلاثِ قواعدَ

تنسَّقُ القواعدُ المستخدمةُ فى تصنيعِ الجينِ فى مجموعاتٍ من ثلاثِ قواعدَ. وتعملُ كلُّ مجموعةٍ من ثلاثِ قواعدَ كشفرةٍ. ويمكنُ ترتيبُ الأحرفِ الأربعةِ A وC وG وT فى 64 مجموعةً مختلفةً من ثلاثِ عناصرَ؛ ولذا فإنَّ هناك 64 احتمالاً. على سبيلِ المثالِ GCA وTTA وCAT وATG.

الحمضُ الأمينىُّ عبارةٌ عن جزيءٍ شديدِ الصِّغرِ مكوَّنٍ من ذراتٍ. وتبيِّنُ هذهِ الصورةُ المرسومةُ بواسطةِ الكمبيوترِ جزيئًا من الحمضِ الأمينىِّ الألانين.

يمكنُ أن ترى أدناهُ كيف يمكنُ تقسيمُ القواعدِ التى تكوِّنُ الجينَ فى مجموعاتٍ من الشفراتِ المكونةِ من ثلاثةِ أحرفٍ.



فكُّ الشفرةِ

إذنْ كيف تعملُ الشفرةُ؟ ترمزُ كلُّ مجموعةٍ من ثلاثةِ أحرفٍ لحمضٍ أمينىٍّ. والأحماضُ الأمينيةُ هى الموادُّ الكيميائيةُ التى تُستخدمُ فى تصنيعِ البروتيناتِ (موادِّ الجسمِ) وهناك عشرون حمضًا أمينيًّا إجمالاً مثلُ الألانينِ واللايسينِ والبرولين. وهى تأتى من الطعامِ وتحملُ إلى خلاياك فى دمك.

وعندما «تقرأُ» الخليةُ أحدَ الجيناتِ تُبلِّغُها الشفرةُ عن أىِّ الأحماضِ الأمينيةِ التى تستخدمُها والترتيبِ الذى توصِّلُهم ببعضهم طبقًا له. وتستطيعُ الخلايا أن تصنعَ الآلافَ من بروتيناتِ الجسمِ يتكوَّنُ كلٌّ منها من ترتيبٍ مختلفٍ من الأحماضِ الأمينيةِ باستخدامِ هذا النظامِ.

التضاعفُ

بما أنَّ هناك 64 شفرةً محتملةً من ثلاثةِ أحرفٍ و20 حمضًا أمينيًّا فقط، تعبر بعضُ الشفراتِ للشيءِ نفسِه. وعلى سبيلِ المثالِ يمكنُك أنْ ترَى في الرسمِ أنَّ الشفرتينِ TTT وTTC ترمُزان لنفسِ الحمضِ الأمينيِّ لايسين.

ولبعضِ الشفراتِ وظيفةٌ أخرَى. فهِيَ تقومُ بدورِ إشاراتٍ للبدايةِ والنهايةِ؛ لتحدِّدَ: أينَ يبدأُ الجينُ وأينَ ينتهِي؟ وهِيَ تبلِّغُ الخليةَ أينَ تبدأُ في قراءةِ الشفرةِ وأينَ تقفُ عندمَا تكتملُ المادةُ الَّتي تقومُ بتكوينِها.

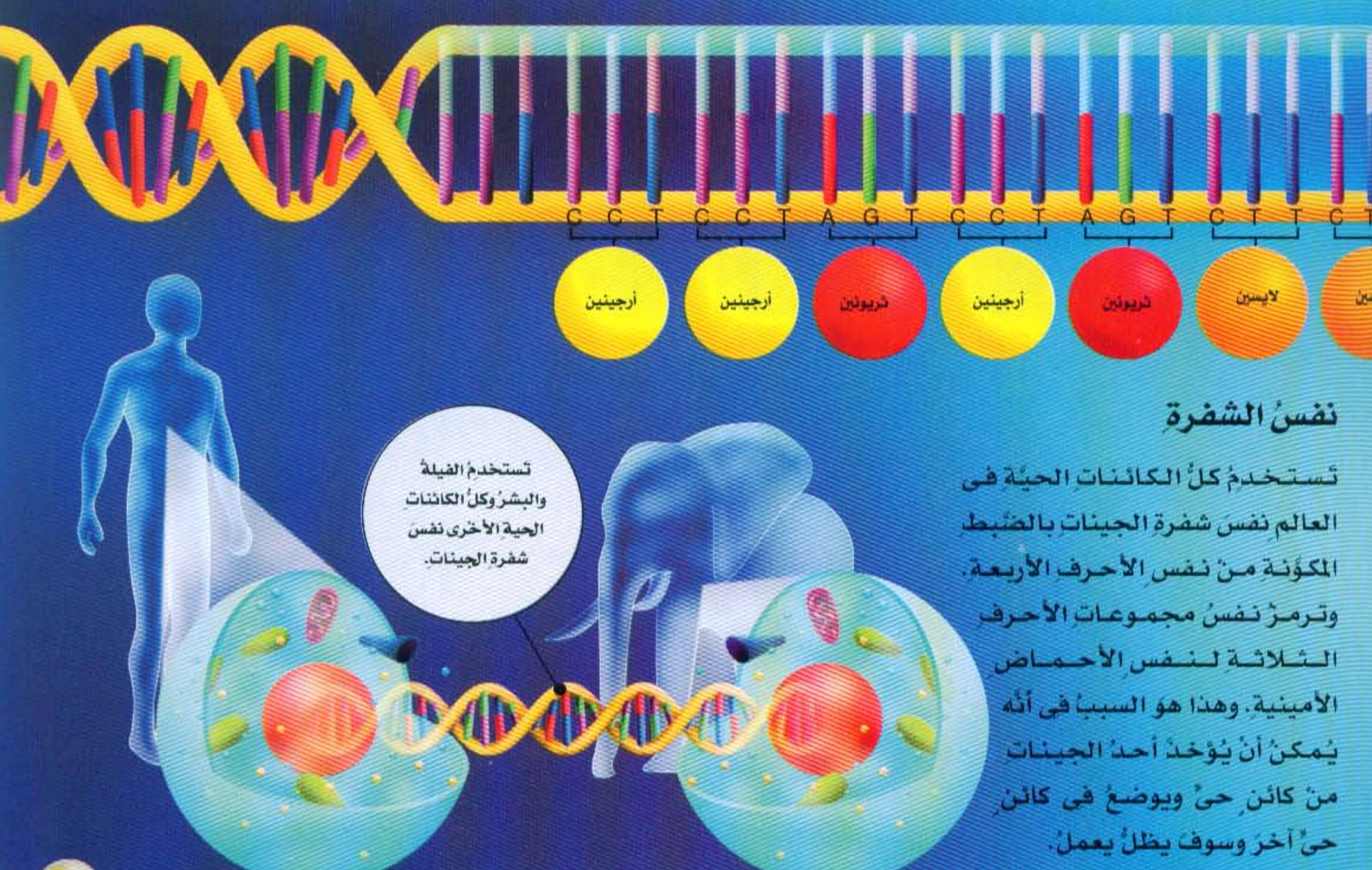
الحمضُ النوويُّ الخاملُ

تشغلُ الجيناتُ في الحقيقةِ حوالَى خمسةٍ بالمائةِ فقطْ منْ حمضِك النوويِّ وفيما بينَ الجيناتِ توجدُ خيوطٌ طويلةٌ منَ الأزواجِ القاعديةِ، فيما يبدُو كأنماطٍ عشوائيةٍ. وتُسمَّى هذهِ القطعُ الواقعةُ فيما بينَ الجيناتِ الحمضَ النوويَّ المعطوبَ ولمْ يتأكدِ العلماءُ بعدُ إذَا ما كانَ الحمضُ النوويُّ «الخاملُ» يرمزُ لأيِّ شيءٍ.

يمثلُ هذا الشكلُ المستطيلُ الذي يشبهُ حبَّةَ السجقِ كروموسوم يحتوِي على عدةِ جيناتٍ.

تبينُ القطاعاتُ الحمراءُ أيْ أجزاءِ الشريطِ جيناتٌ.

القطاعاتُ الواقعةُ بينَ الجيناتِ عبارةٌ عنْ حمضٍ نوويٍّ «خاملٍ».



نفسُ الشفرةِ

تستخدمُ كلُّ الكائناتِ الحيَّةِ في العالمِ نفسَ شفرةِ الجيناتِ بالضَّبطِ المكوَّنةِ منْ نفسِ الأحرفِ الأربعةِ. وترمزُ نفسُ مجموعاتِ الأحرفِ الثلاثةِ لنفسِ الأحماضِ الأمينيةِ. وهذا هوَ السببُ في أنَّه يُمكنُ أنْ يُؤخذَ أحدُ الجيناتِ منْ كائنٍ حيٍّ ويوضعَ في كائنٍ حيٍّ آخرَ وسوفَ يظلُّ يعملُ.

بناءُ طفلٍ

إنَّ كلاً منْ ولدِ الكائناتِ فِى أىِّ زمانٍ لابدَّ وأنْ يكونَ قدْ بدأَ حياتَهُ كخليةٍ واحدةٍ. ولكنْ كيفَ يتأتَّى لخليةٍ واحدةٍ أنْ تعرفَ كيفَ تتحولُ إلى مولودٍ كاملِ التكوينِ بأطرافٍ وعينينِ ومخٍّ وقلبٍ وعظامٍ وجلدٍ كلٌّ قدْ صُنِعَ منْ موادَّ مختلفةٍ؟ تقعُ إجابةُ هذَا السؤالِ فِى الجيناتِ الَّتى تحتوى عليهَا الخليةُ.

خليةُ بويضة ملقَّحة جاهزةٌ لتنموَ وتصبحَ طفلاً.

بدايةُ تكونِ طفلٍ

يبدأُ الطفلُ بصورةٍ طبيعيةٍ عندمَا تتَّحدُ خليَّتانِ؛ واحدةٌ منْ كلٍّ منَ الوالدينِ لتكوِّنَ خليةً جديدةً يمكنُ أنْ تنموَ لتصبحَ بشرًا. وتُسمَّى خليةً بيضِيَّةً ملقَّحةً.

مبيضٌ

رحمٌ

تلتصقُ الخليةُ البيضِيَّةُ الملقحةُ بداخلِ الرحمِ.

يبينُ هذَا الرسمُ أجزاءَ جسمِ المرأةِ الَّتى ينمُو فيهَا الطفلُ.

وتحتوى خليةُ البويضةِ الملقَّحةُ علَى مجموعةٍ كاملةٍ منَ الجيناتِ البشريةِ. وأثناءَ نموِّ الجنينِ داخلَ رحمِ أمِّهِ تقومُ الجيناتُ بتزويدِهِ بالتعليماتِ الَّتى تتكوَّنُ بموجبِهَا كلُّ أجزاءِ الجسمِ المطلوبةِ. فهِىَ الَّتى تحدِّدُ جنسَهُ ولونَ عينيهِ وبشرتِهِ وحتَّى شكلَ أنفهِ.

صنعُ المزيدِ منَ الخلايَا

تبدأُ الخليةُ فِى الانقسامِ لتصنعَ المزيدَ منَ الخلايَا الَّتى تُشْبِهُهَا تمامًا. تنمو هذهِ الخلايَا بدورهَا وتنقسمُ أيضًا حتَّى تصبحَ عنقودًا منْ عدَّةِ مئاتٍ منَ الخلايَا تُسمَّى جَنينًا. وكلَّما تكوَّنتْ خليةٌ جديدةٌ تكوَّنَ بهَا نسخةٌ كاملةٌ منْ مجموعةِ جيناتِ الخليةِ الأولَى.

خلايَا خاصةٌ

بعدَ عدَّةِ أيامٍ تبدأُ بعضُ خلايَا الجنينِ فِى اتباعِ مجموعاتٍ خاصَّةٍ منْ تعليماتِ الجيناتِ فتتحولُ إلى أنواعٍ مختلفةٍ منَ الخلايَا. ثمَّ تكوِّنُ هذهِ الخلايَا «المتخصصةُ» مجموعةً منَ الأجزاءِ المختلفةِ لجسمِ الإنسانِ.



يبلغُ عمرُ الجنينِ المبيَّنِ فِى هذهِ الصورةِ حوالى خمسةِ أسابيعَ. إنَّ لديهِ الآنَ رأسًا وعينينِ وساقينِ وذراعينِ وبداياتِ أصابعَ.

أكبرُ وأكبرُ

باتباعِ تعليماتِ جيناتِها تظلُّ الخلايا فِى النموّ وترتيبِ نفسِها حتى يصبحَ الطفلُ جاهزًا لأنْ يولدَ بعدَ حوالَى تسعةِ أشهرٍ، وبدلاً منْ مجردِ خليةٍ واحدةٍ أصبحَ الآنَ لديهِ حوالَى مائتى مليونِ خليةٍ.

الطفلُ المكتملُ

وأخيرًا يولدُ الطفلُ ولكنْ مازالَ هناكَ عملٌ على الجيناتِ أنْ تقومَ بهِ. إذْ يظلُّ الطفلُ ينمُو فِى العالمِ الخارجىِّ لمدةِ 20 سنةً وهوَ لايزالُ يَستخدمُ التعليماتِ الآتيةَ منْ جيناتِهِ. وتظلُّ الجيناتُ تعملُ طوالَ فترةِ حياةِ الإنسانِ مصنعةً خلايَا جديدةً وكلَّ أنواعِ موادِّ الجسمِ.

أشكالٌ غيرُ عاديةٍ

يحدثُ أحيانًا أثناءَ نموّ الطفل فِى الرحمِ تحولٌ أو خللٌ فِى الجيناتِ مما يجعلُهُ ينمُو بطريقةٍ غيرِ طبيعيةٍ. فقدْ تنمُو لهُ أطرافٌ أو أصابعُ إضافيةٌ أو أجزاءٌ غيرُ عاديةِ الشكلِ منَ الجسمِ.

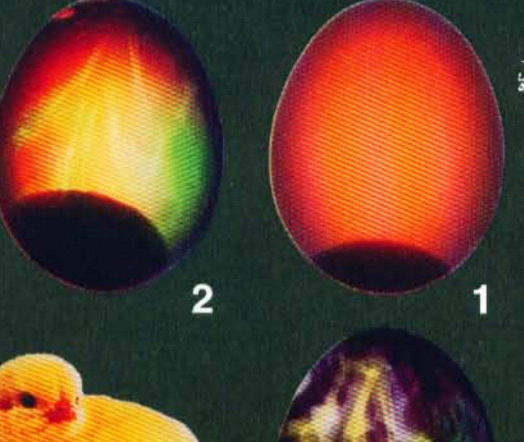
لقدْ تسببَ تحولٌ جينىٌّ فى إضافةِ رجلٍ غريبةٍ لهذا الضفدعِ.



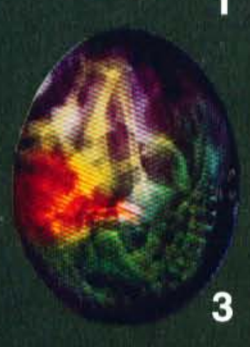
يطلقُ على الطفلِ اسمُ «جنين» عندمَا يصبحُ أكبرَ حجمًا ويتخذُ شكلاً أقربَ شبهًا بالبشرِ. ويبلغُ عمرُ هذا الجنينِ حوالى خمسةِ أشهرٍ.

وصفاتٌ مختلفةٌ

وتنمُو كائناتٌ حيةٌ أخرى سواءٌ كانتْ ضفادعَ أو نمورًا أو شجرًا بنفسِ الطريقةِ منْ خليةٍ واحدةٍ. ولكلِّ نوعٍ مجموعةٌ مختلفةٌ منَ الجيناتِ الَّتى تبلغُهُ بأنْ ينمُوَ بشكلهِ المميزِ.







أثناءَ نموّ الفرخِ الصغيرِ تُصدرُ الجيناتُ الموجودةُ داخلَ خلاياهُ تعليماتٍ لهذهِ الخلايا بأنْ تصنعَ المخالبَ والريشَ والجناحينِ والمنقارَ وكلَّ الأجزاءِ الأخرى للكتكوتِ.

الجيناتُ أثناءَ عملِهَا

تشكلُ الجيناتُ جزءًا أساسيًا منْ أىِّ كائنٍ حيٍّ ويتمُّ استخدامُها كلَّ يومٍ. ولا يمكنُ أنْ تصنعَ الخلايا كلَّ ما يحتاجُهُ الجسمُ منْ موادَّ إلا باتِّباعِ التعليماتِ الموجودةِ بجيناتِها.

تصنيعُ البروتينِ

عندمَا يحتاجُ الكائنُ الحىُّ لتصنيعِ أحدِ بروتيناتِ الجسمِ فإنَّهُ يستخدمُ الجيناتِ. وعلى سبيلِ المثالِ يستخدمُ البشرُ بروتينًا يُسمَّى الأنسولينَ لهضمِ السكرِ. وعندمَا تحتاجُ لبعضِ الأنسولينِ يُرسلُ جسمكَ رسالةً إلى خلايا عضوٍ يُسمَّى البنكرياسَ فتبدأُ بالعملِ. تابعْ هذهِ الأرقامَ لترى ما الذى يحدثُ:

المزيدُ منَ البروتيناتِ

الأنسولينُ هوَ مجردُ واحدٍ منْ آلافِ البروتيناتِ التى تستطيعُ خلاياكَ أنْ تصنعَها. وفيما يلِى المزيدُ منْ هذهِ البروتيناتِ:

الكيراتينُ الذى يُستخدمُ فى صنعِ الشعرِ والجلدِ والأظافرِ.

العاملُ «الثامنُ» الذى يطلقُ لمساعدةِ دمِكَ على التجلُّطِ عندمَا تجرحُ نفسَكَ.

الأميلازُ يساعدُكَ على هضمِ الأطعمةِ النشويةِ مثلَ البطاطسِ.

الأندورفينات التى تُصنَعُ فى مُخكَ عندمَا تمارسُ التمريناتِ الرياضيةَ. ويمكنُها أنْ تخففَ الألمَ أو تُشعرَكَ بالسعادةِ.

وهناكَ جيناتٌ لكلِّ واحدٍ منْ هذهِ الموادِ. وعندمَا تحتاجُ خليةٌ ما لتصنعَ أحدَها فإنَّها تجدُ الجينَ المناسبَ وتتبعُ الشفرةَ.



صورةٌ بالميكروسكوبِ لشعرةٍ بشريةٍ. ويتكونُ الجلدُ والشعرُ منْ بروتينِ الكيراتينِ.

الجيناتُ المفقودةُ

بما أنَّ الخلايَا تعتمدُ علَى الجيناتِ للحصولِ علَى التعليماتِ فإنَّهُ منَ الضروراتِ الحيويةِ أنْ تكونَ كلُّ جيناتِكَ فى أماكنِها وتعملُ بدقةٍ. فإذَا كانَ هناكَ جينٌ مفقودٌ أو معطوبٌ فقدْ لا يكونُ فى إمكانِكَ أنْ تصنعَ إحدى موادِّ الجسمِ التى تحتاجُ إليها.

على سبيلِ المثالِ لا يستطيعُ بعضُ الناسِ أنْ يصنعُوا البروتينَ المجلطَ للدمِ، العاملَ الثامنَ؛ لأنَّ جيناتِ العاملِ الثامنِ لديهم تالفةٌ. وبدونِهِ لا تلتئمُ حتَّى الجراحُ الصغيرةُ. ويُسمَّى هذا المرضُ «الهيموفيليا» (سيولة الدم).

1 فى داخلِ الخليةِ، تدخلُ مادةٌ كيميائيةٌ تُسمَّى بوليميراز إلى نواةِ الخليةِ.

بوليميراز الرنا

النواة

2 ثم يجد البوليميراز الرنا جين الأنسولين ويفصل ما بين شريطى الحمض النووى.

3 ينتقل بوليميراز الرنا عبر الجين مصنعا جزيئا «رسولا» يحتوى على نسخة من الشفرة الجينية لتصنيع الأنسولين.

4 يطفو الجزىء حاملُ الرسالة (الرسولُ) خارجًا من النواة ويجدُ أحد ريبوسومات (مصانع البروتين) الخلية.

الأنسولين

الريبوسوم

5 يتبعُ الريبوسومُ الشفرةَ فيقومُ بتوفيقِ التتابعِ السليمِ للأحماضِ الأمينيةِ (انظرْ صفحة 12) لتصنيعِ جزيئاتِ الأنسولينِ.



نسخُ الحمضِ النووىِّ

تحتاجُ كلُّ خليةٍ جديدةٍ يصنعُها جسمُك إلى نسخةٍ منْ كروموسوماتك. ويعنى تركيبُ الحمضِ النووىِّ أنَّ بإمكانِ كروموسوماتك أنْ تنسخَ نفسَها بسُهولة.

وينفصِلُ الحمضُ النوويُّ فى الكروموسوم أولاً إلى شريطينِ ممَّا يؤدِّى إلى انفصالِ الزوجِ القاعدى. وتطفُو القواعدُ الحرَّةُ دائمًا داخلَ الخلايا. ثمَّ تتجمَّعُ فى الشريطينِ بحيثُ يبنى كلُّ نصفٍ من الكروموسوم القديمِ نفسَهُ إلى كروموسوم كاملٍ جديد.

خليةُ دمٍ بيضاء أثناء انقسامها لتنتج خليتين جديدتين.

إنتاجُ خلايا جديدةٍ

يقومُ جسمُك بإنتاجِ خلايا جديدةٍ باستمرارٍ لمساعدتك على النموِّ ولاستبدالِ الخلايا القديمةِ الميِّتة. وتنتجُ الخلايا خلايا جديدةً بالانقسامِ إلى اثنتينِ وعملِ نسخٍ من الحمضِ النوويِّ لهمَا. وتسمَّى الطريقةُ التى تنمو بها الخليةُ وتنقسمُ وتنفصلُ إلى اثنتينِ باسمِ الانقسامِ الميتوزيِّ. وتعملُ على النحوِ التالى:





1 تكبرُ الخليةُ بأكملها أولاً منتجةً عضياتٍ إضافيةً وسيتوبلازم.

2 تنسخ كروموسومات الخلية أنفسها. وتظلُّ النُّسخ متصلة ببعضها على هيئة حرف X.





3 تلتفُّ الكروموسومات المزدوجةُ التى تشكلُ حرف X وتصبحُ أقصر وأكثر سُمكًا.



4 تنفصلُ أشكالُ حرف X إلى مجموعتين من الكروموسومات الجديدة.



5 تنقسمُ النواةُ إلى اثنتين لكلٍّ واحدة مجموعتها الخاصةُ من الكروموسومات.



6 تنقسمُ الخليةُ كلُّها إلى خليتين جديدتين. لكلٍّ منها نواتُها الخاصةُ وحمضُها النوويُّ.



توريثُ الجيناتِ

فِى استطاعةِ كلِّ الكائناتِ الحيةِ بما فيها البكْتيريا والنباتاتُ والحيواناتُ والبشرُ أن تتكاثرَ أو أن تنشِئَ كائناتٍ حيةً جديدةً تشبِهها. وعندما يحدثُ التكاثرُ يورِّثُ الأبوانِ جيناتهما لنسلهما. وهذا هو سببُ نموِّ الصغارِ. سواءٌ كانُوا صغارَ نجماتِ البحرِ أو صغارَ الضفادعِ أو صغارَ البشرِ. بحيثُ يبْدو شكلُهم مثلَ شكلِ آبائهمْ.

الانقسامُ

أبسطُ طريقةٍ للتكاثرِ هِىَ أن ينقسمَ الكائنُ إلى اثنيْنِ. وليستْ خلايَا الجسمِ وحدَها الَّتى يحدُثُ بها هذا الانقسامُ. بلْ إنّ هناكَ العديدَ منَ المخلوقاتِ وحيدةِ الخليةِ مثلِ البكْتيريا الّتى تتكاثرُ أيضًا عنْ طريقِ تقسيمِ نفسِها إلى خليتينِ «ابنتين» جديدتينِ.

تنمو بكتيريةُ «إِى كولاى» حتى تكبرَ بالقدرِ الذى يسمحُ لها بالانقسامِ إلى اثنيْن.

الحمضُ النووىُّ.

يصنعُ الحمضُ النووىُّ فى البكتيرية نسخةً من نفسه ليكوّن مجموعتين متطابقتين من الجينات مجموعة لكلِّ بكتيرية جديدة.

التَّبرْعُمُ

هناكَ عددٌ قليلٌ منَ النباتاتِ والحيواناتِ الأكبرِ حجمًا الّتى يمكنُها أيضًا أن تتكاثرَ ذاتيًّا عنْ طريقِ التبرعُمِ. فهى تنمّى نسخةً طِبْقَ الأصلِ من نفسِها غيرَ أنَّها أصغرُ وتتحرَّرُ منها فى نهايةِ الأمرِ. وفِى استطاعةِ بعضِ الدّيدانِ وقنديلِ البحرِ وحيواناتٍ بحريةٍ تسمَّى هايدرا (انظر صفحة 40) أن تقومَ بذلكَ.

ولدَى الصّغارِ الذينَ يتكوَّنونَ بالتبرعُمِ نفسُ مجموعةِ جيناتِ الآباءِ أى بمعنَى آخرَ يكونُ الصغيرُ «مستنسخًا» - أى نسخةً متطابقةً - من الوالدِ الذى جاءَ منهُ.

هذهِ الذراعُ كانتْ فى الأصلِ جزءًا من نجمةِ بحرٍ أخْرى.

إذا فقدتْ نجمةُ البحرِ ذراعًا يمكنُ أن ينمى الذراعُ لنفسهِ جسمًا جديدًا ويصبحَ نجمةَ بحرٍ جديدةً.

الأمرُ يحتاجُ إلى اثنينِ

تتكاثرُ معظمُ الحيواناتِ الأخْرى بمَا فيهَا البشرُ تكاثرًا جنسيًّا ويعنى ذلكَ أن تتحدَ خليةٌ منَ الذكرِ مع خليةٍ منَ الأنثى لتكوِّنَ طفلاً. والمولودُ الجديدُ ليسَ نسخةً متطابقةً لأحدِ الوالدينِ. وبدلاً من ذلكَ يكونُ لديهِ نصفُ جيناتِ أمهِ ونصفُ جيناتِ أبيهِ.

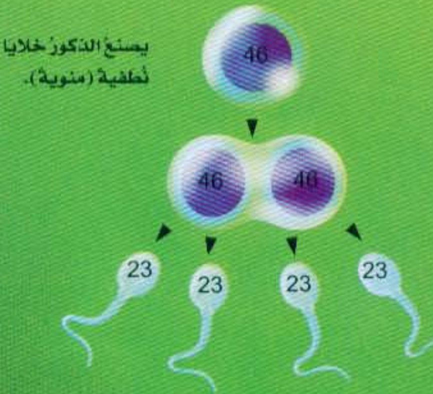
يتزاوجُ هذانِ الضفدعانِ وتتحدُ خلايا من جسميهما لتصنع خلايا جديدةً يمكنُها أن تنمو لتصبح ضفادعَ صغيرةً.

خلايـا التكاثـر

تسمَّى الخلايَا الَّتى تصنعُ منها المواليدُ الجديدةُ خلايَا التكاثرِ، وفى البشرِ تسمَّى خلايا تكاثرِ الذَّكرِ نطفةً، بينما تسمَّى خلايَا تكاثرِ الأنثى بويضاتٍ. وعلى خلافِ الخلايَا الأخرَى يكونُ لدى خلايَا التكاثرِ نصفُ مجموعةِ الجيناتِ فقطْ ويمكنُكَ أنْ ترَى هنَا كيفَ تتكوَّنُ.

لإنتاجِ خلايَا التكاثرِ عند الإنسانِ يجبُ أنْ تنقسمَ الخليةُ مرتينِ. بحيثُ تحتوى الخلايَا الجديدةُ على 23 كروموسومًا فقطْ وليسَ 46 كما فى الخليةِ العاديةِ.





وعندمَا تتحدُ الخلايَا معًا فإنهَا تصنعُ خليةً بيضيَّةً مخصبةً، لهَا مجموعةٌ كاملةٌ منَ الجيناتِ ويمكنُهَا أن تنمُوَ لتصبحَ طفلاً.





فى هذه الصورةِ المكبرةِ مئاتِ المراتِ أكبرَ من الحجمِ الحقيقىِّ تحيطُ الكثيرُ منَ الخلايَا النطفيةِ بخليةٍ بيضيةٍ. وواحدٌ منهما فقط هوَ الذى سيقومُ بالاتحادِ بهَا وتلقيحِها.

اختلافٌ فى كلِّ مـرَّةٍ

ليستْ كلُّ خلايَا التكاثرِ متماثلةً. حيثُ إنهَا عندمَا تتكوَّنُ تغيرُ بعضَ الجيناتِ أماكنَهَا وبذلكَ يكونُ لكلِّ نطفةٍ أوِ بويضةٍ مجموعتُهَا الخاصةُ المختارةُ من نصفِ جيناتِ الشخصِ. ويعنى هذا أنه إذَا رُزقَ نفسُ الوالدانِ بأكثرَ من طفلٍ فلنْ يكونَ لكلِّ طفلٍ نفسُ الجيناتِ بالضبطِ. بلْ سيكونُ لكلٍّ منهمْ خليطٌ متفردٌ منْ جيناتِ الأبوينِ. ولهذَا السببِ يمكنُ أن يختلفَ شكلُ الإخوةِ والأخواتِ عنْ بعضهمُ البعضِ.

الحمضُ النوويُّ المتطابقُ

إنَّ التوائمَ المتطابقةَ همُ الأشخاصُ الوحيدونَ الذينَ لديهمْ نفسُ الجيناتِ. فهمْ يتكوَّنونَ عندمَا تنقسمُ البويضةُ المخصبةُ بعدَ أن يتحدَ الحيوانُ المنوى معَ البويضةِ المخصبةِ ويتمو الجزءانِ المنفصلانِ إلى أنْ يصبحَا طفلينِ لهمَا نفسُ الحمضِ النوويِّ بالضبطِ.



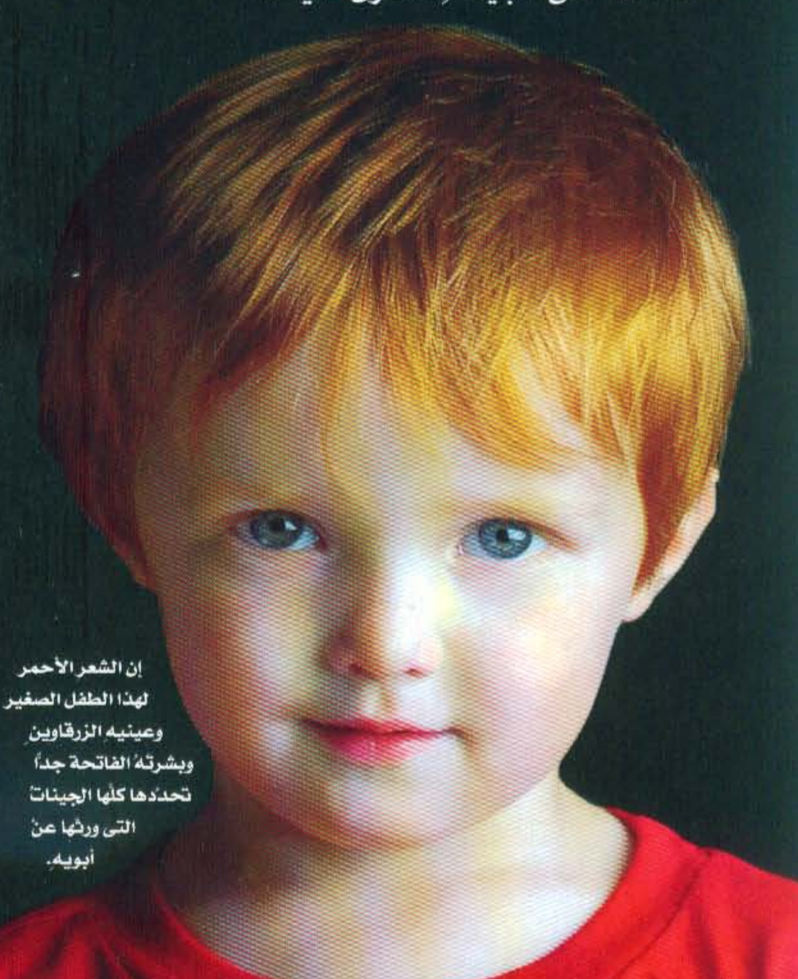
لا يتشابهُ معظمُ الإخوةِ والأخواتِ تمامًا. فلكلٍّ منهمْ مجموعةٌ خاصةٌ بهِ أو بهَا من الجيناتِ.

الصفاتُ الوراثيةُ

يشبهُ الأشخاصُ فى كثيرٍ من الأحوالِ آباءَهم أو حتّى أجدادهمْ. وإلى جانبِ الشّكلِ الخارجىِّ يمكنُك أن ترثَ القدراتِ والأمراضَ وربمَا حتّى جوانبَ من شخصيتِك فى جيناتِك. والشىءُ الذى يورثُ من جيلٍ إلى الجيلِ الذى يليهِ فى الجيناتِ يطلقُ عليهِ اسمُ صفةٍ وراثيةٍ.

الجيناتُ والصفاتُ

تظهرُ الصفاتُ الوراثيةُ مثلُ الشعرِ الأحمرِ والطولِ عنْ جينٍ معينٍ أو مجموعةٍ من الجيناتِ التى أعطاهَا لكَ أحدُ الأبوينِ أو كلاهُما. فإذَا حصَلتَ علَى جينٍ يختصُّ بصفةٍ معينةٍ فقدْ يؤثرُ فيكَ أو لا يؤثرُ اعتمادًا علَى الجيناتِ الأخرَى لدَيك.



إن الشعرَ الأحمرَ لهذا الطفلِ الصغيرِ وعينيهِ الزرقاوينِ وبشرتَهُ الفاتحةَ جداً تحدّدُها كلُّها الجيناتُ التى ورثَها عنْ أبويهِ.

اختبارُ الأذنِ

هل تتدلَّى شحمةُ أذنِكَ أم أنَّها تتصلُ مباشرةً بجانبىْ رأسِكَ؟ هذَا مثالٌ علَى صفةٍ وراثيةٍ. حاولْ أن تنظرَ إلى شحمِ أذنِ أفرادِ أسرتكَ لترَى أىَّ نوعٍ لديهمْ.



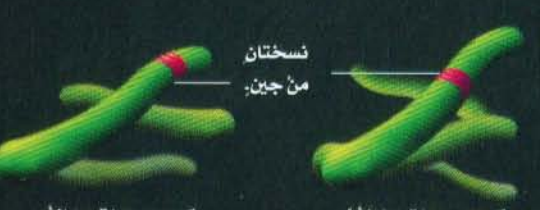
شحمةُ الأذنِ المتدليةُ.



شحمةُ الأذنِ المتصلةُ.

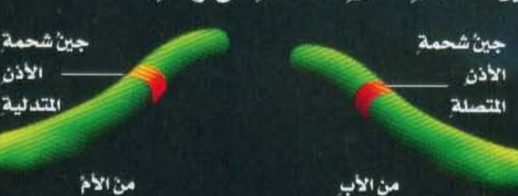
كيفَ تورثُ الصفاتُ؟

تحتوِى الخلايَا البشريةُ على 46 كروموسوم. وتأتى 23 من كروموسوماتك منْ والدتِك بينما تأتى 23 كروموسوم أخرَى من والدِك. وتحتوِى كلُّ زمرةٍ من 23 على مجموعةٍ كاملةٍ منَ الجيناتِ البشريةِ. وبذلكَ يكونُ لكلِّ شخصٍ فِى الحقيقةِ مجموعتانِ من الكروموسوماتِ ونسختانِ منْ كلِّ جينٍ.



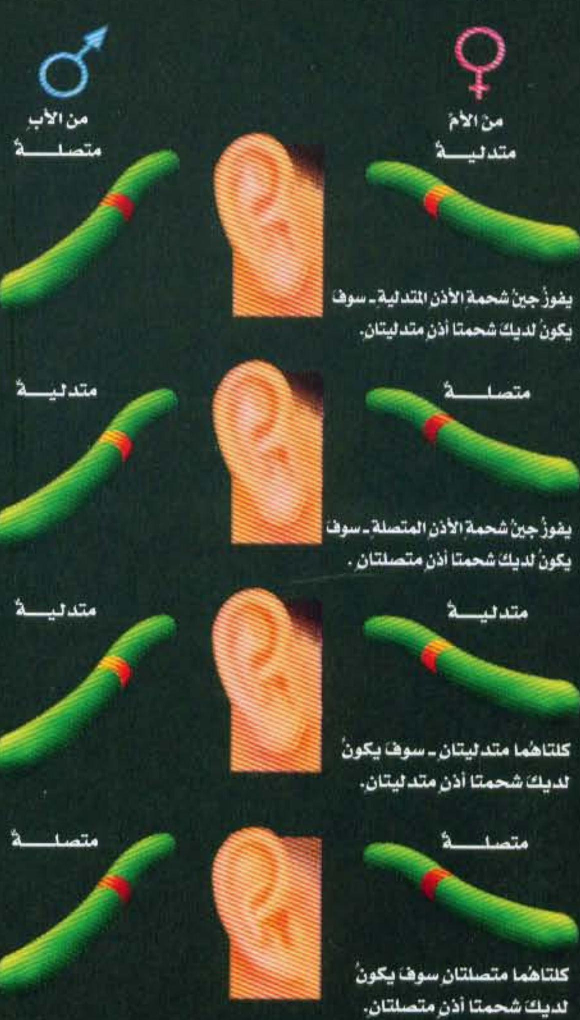
كروموسومات من الأمِّ. كروموسومات من الأبِ.

توجدُ جيناتُ شحمِ الأذنِ فِى شكلينِ مختلفينِ أو أليلينِ (الأليلُ هو أحدُ جينينِ متضادَّىِ الصفاتِ). ومن الممكنِ أن يكونَ لدَى نفسِ الشخصِ كلا الأليلينِ. وعلَى سبيلِ المثالِ قدْ يكونُ لديكَ جينُ شحمةِ الأذنِ المتدليةِ منْ والدتِكَ وجينُ شحمةِ الأذنِ المتصلةِ من والدِكَ.



الجيناتُ السائدةُ

إذنْ أيٌّ منَ الجينينِ يقررُ كيفَ تبدُو شحمتا أذنكَ؟ والإجابةُ هيَ الجينُ السائدُ، وفي حالةِ شحمِ الأذنِ يكونُ جينُ شحمِ الأذنِ المتدلّي هوَ السائدَ. ومعنى ذلكَ أنَّه سيغلبُ جينَ شحمِ الأذنِ المتصلَ دائمًا. وطالما أن لدى الشخصِ جينًا واحدًا متدليًا فلابدَّ أنْ يظهرَ.



ويعني ذلكَ أنَّه يمكنُ لشخصٍ مَا أن تكونَ أذناه متصلتينِ حتَّى إذا لم يكنْ لأبويهِ آذانٌ متصلةٌ. فمنَ الممكنِ أن يكونَ لكلٍّ منَ الأبوينِ جينٌ متدلٍ وآخرُ متصلٌ ممَّا يعطِي لكليهمَا شحمةَ أذنٍ متدليةً. ولكنْ إذا ورَّث كلٌّ منهمَا جيناتِه المتصلةَ لطفلهِما فسوفَ يكونُ لهُ أو لهَا شحمتا أذنٍ متصلتانِ.

الجيناتُ المتنحيةُ

يطلقُ اسمُ الجينِ المتنحّي على الجينِ «الأضعفِ» الذى يغلبُه الجينُ السائدُ والجينُ المتنحّي مثلُ جينِ شحمِ الأذنِ المتصلِ يعطِي صفته للشخصِ فقطْ في حالةِ ما إذَا كانَ لديهِ نسختانِ منَ الجينِ المتنحّي.

وتتسببُ الجيناتُ المتنحيةُ في بعضِ الأمراضِ مثلِ التليفِ الكيسي ومرضِ «تاي. ساكس».

الطبيعةُ والتنشئةُ

إنَّ الجيناتِ هامةٌ. ولكنَّها ليستْ الأشياءَ الوحيدةَ التى تجعلُكَ على ما أنتَ عليهِ، فالأشخاصُ يتأثرونَ بالبيئةِ المحيطةِ بهمْ وبالطريقةِ التى يحيونَ بهَا، وعلَى سبيلِ المثالِ منَ الممكنِ أن تجعلَ الجيناتُ شخصًا مَا طويلاً ولكنَّ النظامَ الغذائيَّ الصحيَّ يجعلُ الأشخاصَ طوالاً أيضًا. وهناكَ جيناتٌ تتيحُ للمرءِ أنْ يكونَ موسيقيًّا ولكنْ علَى الرغمِ منْ ذلكَ يجبُ أنْ تتعلَّمَ العزفَ. والعديدُ منَ الصفاتِ المماثلةِ هيَ عبارةٌ عنْ خليطٍ منَ الطبيعةِ (الجيناتِ) والتنشئةِ (التعليمِ والتربيةِ).

لكيْ تصبحَ موسيقيًا بارعًا عليكَ أنْ تتمرنَ كثيرًا.



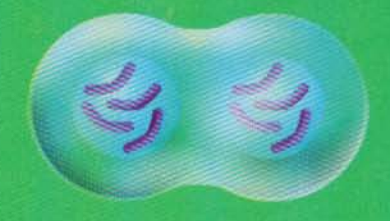
التغيرُ عبرَ الزمنِ

توَرِّثُ الكائناتُ الحيةُ جيناتها إلى ذريتها دائمًا. وهذا هو السببُ فى أنَّ البشرَ يرزقونَ بصغارِ البشرِ وأن صغارَ الثعابينِ تفقسُ من بيضِ الثعابينِ وأنَّ بذورَ البرتقالِ تصبحُ أشجارَ برتقالٍ. ولكنْ فى بعضِ الأحيانِ تتغيرُ الجيناتُ تغيرًا طفيفًا أثناءَ نسخها.

لدى الأشخاص الذين يعانونَ مرضَ خلايا الدمِ المنجلية تغيرٌ جينىٌ طفرىٌ يتسببُ فى نموِّ خلايا دمهمْ إلى أشكالٍ غريبةٍ ولا تعملُ هذهِ الأشكالُ بنفسِ كفاءةِ خلايا الدم العادية المستديرة.

أخطاءٌ فِى الحمضِ النووىِّ

فى كل مرة تنقسم خليةٌ لتنتج خلايا جديدةً ينسخُ حمضُها النووىُّ نفسَه فى الخلايا الجديدةِ (لترَى كيفَ يحدثُ ذلكَ انظر صفحةِ 17).



تنقسمُ هذه الخليةُ لتنتجَ خليتينِ جديدتينِ لكلٍّ منهما نسخةٌ من نفس الحمضِ النووى.

ولكنْ فِى بعضِ الأحيانِ تخطئُ الخليةُ فِى نسخِ الشفرةِ - تمامًا - مثلمَا يخطئُ كاتبُ الآلةِ الكاتبةِ أثناءَ نسخهِ للنصِّ. وتسمَّى هذهِ الأخطاءُ «طفرات».

هلْ هُو أمرٌ هامٌّ؟

فِى أغلبِ الأحوالِ ليستْ هناكَ أهميةٌ لتغيراتِ الحمضِ النووىِّ. فقدْ تؤثرُ فقطْ فِى الحمضِ النووىِّ «الخامل» وليسَ فِى الجيناتِ. وفِى استطاعةِ العديدِ منَ الجيناتِ التى تحتوى بالفعلِ علَى أخطاءٍ أن تعملَ بصورةٍ طبيعيةٍ علَى الرغمِ من ذلكَ. وأحيانًا تستطيعُ الخلايَا أن تصلحَ الطفراتِ، ولكنْ فِى أحيانٍ أخرَى قدْ تغيرُ إحدى الطفراتِ من عملِ أحدِ الجيناتِ أو حتَّى توقفُ عملَه تمامًا.

يبينُ هذا الرسمُ جزءًا منْ أحدِ الجيناتِ. وترمزُ كلُّ مجموعةٍ إلى أحد الأحماض الأمينيةِ الضرورىِّ لتصنيعِ أحدِ بروتيناتِ الجسمِ.

الأحرفُ الثلاثةُ الأصليةُ.

C T C

بأسفل نفس التتابعِ ولكنْ به خطأ. ويغيرُ هذا الخطأ إحدى المجموعاتِ ذاتِ الأحرُفِ الثلاثةِ إلى ATC. ولكنْ لسوءِ الحظِّ فإنَّ ATC هى الشفرةُ التى تعنى «توقفْ».

ولن يعملَ الجينُ بعدَ ذلكَ لأنهُ سوفَ يوقفُ تصنيعَ البروتينِ فِى منتصفِ الطريقِ.

التغيرُ الطفرىُّ فى الجين.

A T C

توريثُهــا

إذا حدثَ تغيرٌ طفرىٌّ فِى أحدِ الجيناتِ عندمَا تنسخُ إحدى الخلايَا نفسَها داخلَ جسمِكَ فعادةً مَا تقومُ خلايَا أخرَى بأداءِ وظيفةِ الخليةِ التالفةِ. ولكنْ مَا الذِى يحدثُ إذا أصابَ الخطأُ خليةً بيضيةً أو نطفيةً (منويةً).



إذا استخدمتِ الخليةُ لإنتاجِ طفلٍ فسوفَ تحملُ كلُّ خلايَا هذَا الطفلِ نفسَ الخطأ. وبهذهِ الطريقةِ يستطيعُ أىُّ نوعٍ منَ النباتِ أو الحيوانِ أن يُورِّثَ الطفراتِ الجينيةِ إلى ذرِّيتهِ.

الجيناتُ والتطورُ

«التطورُ» هو اسمُ الطريقةِ التى تتغيرُ بها الأنواعُ عبرَ الزمنِ، بفضلِ الطفراتِ المفيدةِ، ويعتقدُ معظمُ العلماءِ أنَّ كلَّ أنواعِ الحياةِ قدْ تطورتْ بهذهِ الطريقةِ، من مخلوقاتٍ بسيطةٍ أحاديةِ الخليةِ إلى الأنواعِ العديدةِ الموجودةِ الآنَ. وقدْ يُفسِّرُ ذلكَ السببُ فى أن لدى كلِّ الكائناتِ الحيةِ جيناتٌ مكونةٌ من نفسِ شفرةِ الحمضِ النوويِّ الأساسيةِ.



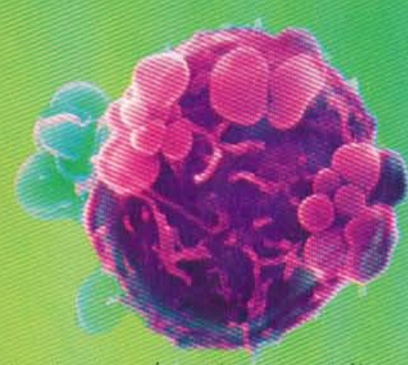
ساعدتِ الطفراتُ الجينيةُ هذا النوعَ من عظاءةِ البازيليسك ذاتِ الريشةِ على أن يتغيرَ عبرَ الزمنِ ليتلاءمَ مع البيئةِ من حولِه.

أخطاءٌ مفيدةٌ

من الممكنِ أن تكونَ بعضُ الطفراتِ الجينيةِ مفيدةً. وعلى سبيلِ المثالِ تخيلْ نوعًا منَ الحشراتِ الصفراءِ التى تعيشُ فى غابةٍ خضراءَ. فإذا حدثتْ طفرةٌ جينيةٌ لإحدى الحشراتِ فجعلتْها خضراءَ بدلاً منْ صفراءَ فسيكونُ منَ الصعبِ أن يراها أعداؤُها، وقدْ تحيَا مدةً أطولَ منَ الآخرينَ ويكونُ لديهَا عدد أكبرُ منَ الصغارِ وتورِّثُ لهمْ جيناتها الخضراءَ. وسيحيونَ هم أيضًا عمرًا أطولَ وينجبونَ صغارًا أكثرَ. وعبرَ الزمنِ يتغيرُ النوعُ من أصفرَ فى الغالبِ إلى أخضرَ فى الغالبِ.

إحداثُ التغييراتِ

قد تحدثُ الطفراتُ الجينيةُ بطريقةٍ عشوائيةٍ، ولكن قد تزيدُ بعضُ العواملِ من احتمالِ حدوثِها.



يمكنُ أن تسببَ الطفراتُ الجينيةُ مرضَ السرطانِ عنْ طريقِ جعلِ الخلايا تنمو بدونِ تحكمٍ. وتبينُ هذهِ الصورةُ خليةً سرطانيةً.

وعلى سبيلِ المثالِ يسببُ الإشعاعُ النوويُّ طفراتٍ جينيةً إضافيةً وهذا هُو السببُ فى أن الإشعاعاتِ النوويةَ يمكنُها أنْ تصيبَ البشرَ بأمراضٍ. ومنَ الممكنِ أنْ يتسببَ ضوءُ الشمسِ فى إحداثِ طفراتٍ فى خلايا الجلدِ، مما يمكنُ أن يؤدِّىَ فى بعضِ الأحيانِ إلى سرطانِ الجلدِ.

تتشابهُ تتابعاتُ الجيناتِ البشريةِ بشدةٍ مع تلكَ الموجودةِ فى سائرِ الكائناتِ الحيةِ، وما بين 95٪ و98٪ من حمضِنا النوويِّ هو نفسُهُ الحمضُ النوويُّ لحيواناتِ الشمبانزى.

كيفَ بدأ علمُ الوراثةِ؟

تسمَّى دراسةُ الجيناتِ والحمضِ النوويِّ علمَ الوراثةِ. ولمْ يبدأ علماءُ الجيناتِ - ويطلقُ عليهمْ علماءُ الوراثةِ - فى فهمِ طريقةِ عملِ الجيناتِ بالضبطِ إلاّ مؤخرًا. ولكنْ حتّى من قبلِ أن نفهمَها لعبتِ الجيناتُ دورًا مهمًا جدًّا فى الثقافةِ الإنسانيةِ وكانتْ لدى البشرِ دائمًا نظرياتٌ عنها.

الميلادُ والتربيةُ

رأى العديدُ منَ الشعوبِ القديمةِ أنَّ الأطفالَ يُشبهونَ آباءَهمْ وأمهاتِهمْ. ومنذُ ما يقربُ مــن 2000 عــام أدركَ الهنــدوسُ القــدامى أنَّ الأمــراضَ قدْ تكونُ وراثيةً فى بعضِ العائلاتِ. وفى معظمِ المجتمعاتِ القديمةِ كانَ الملوكُ والملكاتُ يورثونَ سلطاتِهم لأولادِهم. مما يبينُ أنَّ الناسَ كانتْ تعتقدُ أنَّ صفاتٍ مثلَ الملكيةِ أو «الدمِ النبيلِ» تورَّثُ منَ الآباءِ لأولادِهم.

علمُ الوراثةِ الإغريقىُّ

اعتقدَ العالمُ الإغريقىُّ القديمُ «أرسطو» أنَّ الصغارَ يحصلونَ على كلِّ صفاتِهمْ منْ آبائِهمْ. ولكنَّ الطبيبَ القديمَ أبقراطَ كانَ أقربَ إلى الحقيقةِ. فقدْ قالَ إنَّ أجسامَ الرجالِ والنساءِ تحتوى على سوائلَ تختلطُ لتنتجَ طفلاً. يتصارعُ السائلانِ لتحديدِ صفاتِ أىِّ الأبوينِ هى التى سوفَ تورَّثُ.

تمثالٌ لتوت عنخ آمون أحد ملوك مصرَ القديمةِ. وقدْ استخدمتْ اختباراتُ الحمضِ النووىِّ لمعرفةِ قرابتهِ لأىٍّ من الشخصياتِ الملكيةِ الأخرى.

فى المزرعــةِ

كانَ المزارعونَ يجرونَ نوعًا منَ الدراساتِ الوراثيةِ المعروفةِ باسمِ التربيةِ الانتخابيةِ منذُ آلافِ السنينَ. وعنْ طريقِ انتقاءِ أكبرِ أو أفضلِ الحيواناتِ والنباتاتِ فقطْ للتربيةِ ولزرعِ المحاصيلِ الجديدةِ سمحوا فقطْ لأكثرِ الجيناتِ نفعًا أنْ تنتقلَ إلى الجيلِ التالى.

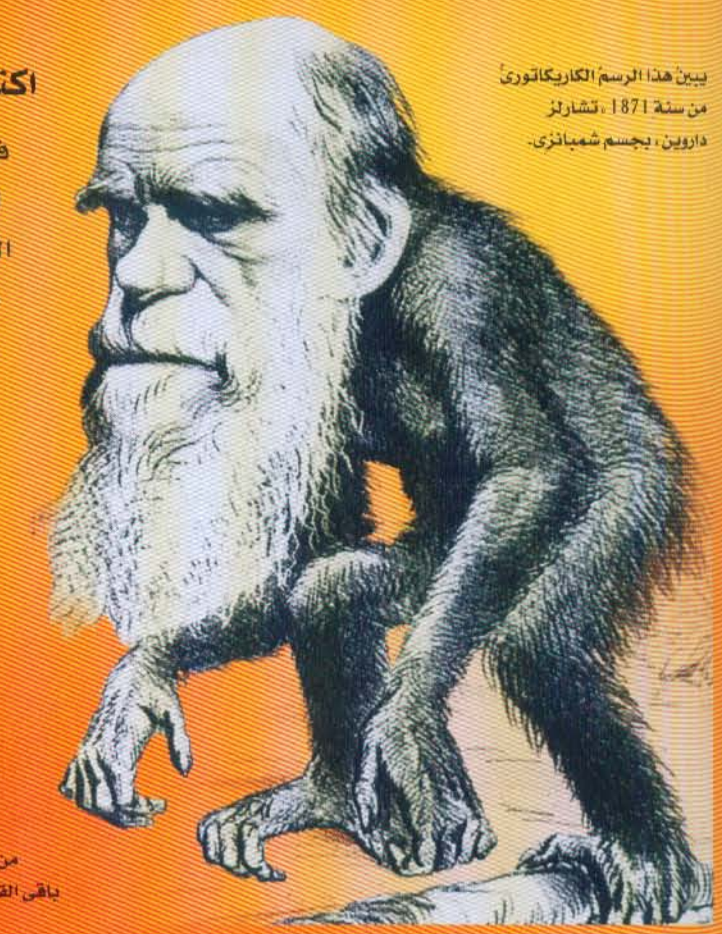


رسمٌ لحيوانٍ يشبهُ البقرةَ على جدارِ كهفٍ عمرُه أكثرُ من 12000 سنةٍ. وكانَ البقرُ من بينِ أوائلِ المخلوقاتِ التى رباها المزارعونَ.

اكتشافاتُ داروين

في القرنِ التاسعَ عشرَ قامَ عالمُ التاريخِ الطبيعيِّ الإنجليزيُّ «تشارلز داروين» بدراسةِ الفروقِ بينَ الحيواناتِ. وقدْ رأى أنَّ الحيواناتِ المتلائمةَ جيدًا مع محيطِها هي أكثرُها احتمالاً للبقاءِ ونقلِ صفاتِها إلى صغارِها. وكانتْ هذهِ نقطةَ البدايةِ لنظريةِ التطورِ (انظر صفحة 23).

ولكنَّ «داروين» لمْ يكنْ يعلمُ كيفَ تنتقلُ الفروقُ بينَ الحيواناتِ من جيلٍ إلى الذي يليهِ. أمَّا «جريجور مندل» الراهبُ النمساويُّ الذي كانَ يجري تجاربَ على نباتاتِ البازلاءِ فقدْ كانتْ لديهِ الإجابةُ.



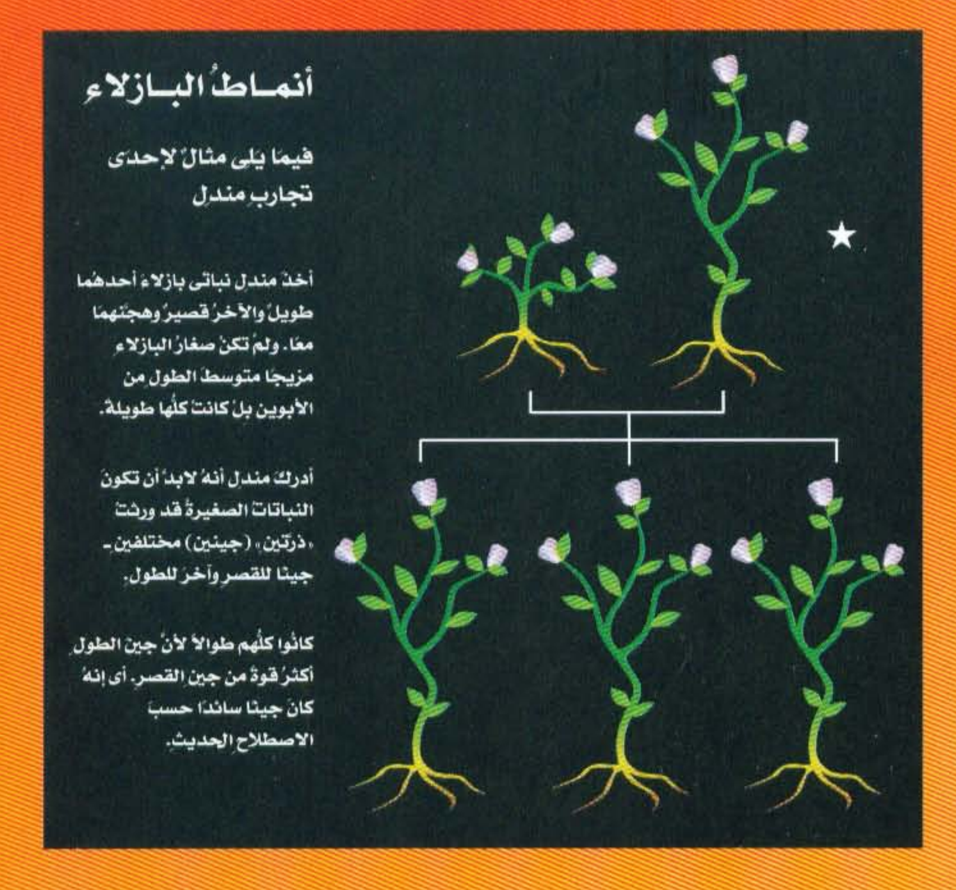
يبينُ هذا الرسمُ الكاريكاتوريُّ من سنة 1871، تشارلز داروين، بجسمِ شمبانزي.

يسخرُ الرسمُ الكاريكاتوريُّ من «داروين» لادعائه بأنَّ أنواعَ النباتِ والحيوانِ قدْ تتطورُ (تتغيرُ ببطءٍ عبرَ الزمنِ) ولقوله إنه ربما يكونُ البشرُ قد تطوروا من القردة. وإذا كانَ الأمر كذلك، لماذا رضيت باقي القردة بأن تظل على حالها «قردة».

بازلاءُ مندل

قامَ مندل بتربيةِ أزواجٍ من نباتِ البازلاءِ بصفاتٍ مختلفةٍ مثلِ أطوالٍ مختلفةٍ أو أشكالٍ مختلفةٍ من البازلاءِ. وبدلاً من أن تكونَ النباتاتُ الصغيرةُ مزيجًا من كلٍّ من الأبوينِ وُجِدَ أنَّها ورثتْ أو لمْ ترثْ كلَّ صفةٍ. ومن هذا استنتجَ مندل أنهُ يجبُ أن تكونَ هناكَ «عواملُ» أو «ذراتٌ» للوراثةِ - تسمَّى الآنَ الجيناتِ. أي إنَّ لدى النباتاتِ الصفاتِ التي تملكُها بسببِ الجيناتِ التي ورثتْها.

وللأسفِ لمْ يهتمَّ أحدٌ بنتائجِ مندل ولمْ يفهمْ داروين معناها. ولمْ يُعترفْ بأهميتِها إلاَّ بعدَ وفاةِ مندل بمدةٍ طويلةٍ.



أنماطُ البازلاءِ

فيمَا يلي مثالٌ لإحدَى تجاربِ مندلِ

أخذَ مندلِ نباتَي بازلاءٍ أحدهُما طويلٌ والآخرُ قصيرٌ وهجَّنهمَا معًا. ولمْ تكنْ صغارُ البازلاءِ مزيجًا متوسطَ الطولِ من الأبوينِ بلْ كانتْ كلُّها طويلةً.

أدركَ مندلِ أنهُ لابدَّ أن تكونَ النباتاتُ الصغيرةُ قد ورثتْ «ذرَّتينِ» (جينينِ) مختلفينِ - جينًا للقصرِ وآخرَ للطولِ.

كانُوا كلُّهم طوالاً لأنَّ جينَ الطولِ أكثرُ قوةً من جينِ القصرِ. أي إنهُ كانَ جينًا سائدًا حسبَ الاصطلاحِ الحديثِ.

اكتشافُ الحمضِ النووىِّ

عندمَا اكتشفَ «جريجور مندل» الجيناتِ كانَ يعلمُ أنهُ لابَّد أن يكونَ هناكَ شىءٌ مَا ينقلُ الصفاتِ الوراثيَّةِ. ولكنَّهُ لمْ يستطِعْ أن يرى الجيناتِ بالفعلِ وذلكَ لشدةِ صغرِ حجمِها. وفِى القرنِ العشرينَ أتاحتْ التقنياتُ الجديدةُ أخيرًا للعلماءِ أن يدرِكوا أينَ تقعُ الجيناتُ والحمضُ النووىُّ؟ وما أشكالُها؟

أصغـرُ فأصغـرُ

لـقـدْ تمكـنّـا عبرَ الأربـعـمـائـةِ السـنـةِ الماضيةِ من أن ننظرَ إلى أشياءَ أصغرَ فأصغرَ عـنـدمـا تـطـوَّرتْ (الميكروسكوبات) المجاهيرُ القويةُ.



فى القرنِ التاسعِ عشرَ صنعَ جوزيفَ ليستر عدساتٍ جديدةً يمكنها أن تكبرَ 1200 مرةٍ. ويبينُ هذا الرسمُ الكاريكاتورىُ سيدةً تنظرُ فى رعبٍ إلى الجراثيمِ (التى تظهرُ كوحوشٍ شديدةِ الصغرِ) التى يمكنُ أن تُرى الآنَ فى مياهِ الشربِ.

تستطيعُ الميكروسكوباتُ القويةُ الحاليةُ أن تكبرَ حتّى مليونِ مرةٍ وأن تظهرَ نتائجها على شاشةِ كمبيوتر. وتبينُ هذه الصورةُ المأخوذةُ باستخدامِ المجهرِ الإلكترونىِ الماسحِ كروموسوماتٍ بشريةً.



إلى اليمينِ، فى الستينياتِ من القرنِ السابعِ عشرَ استخدمَ «روبرت هوك» الميكروسكوبَ القديمَ الذى مكنَه من مشاهدةِ البراغيثِ أكبرَ من حجمِها الحقيقىِ بحوالىَ 200 مرةٍ. وهذا أحدُ رسومِه للبراغيثِ.

الاكتشافاتُ المجهريةُ

اخترعتْ المجاهرُ فِى القرنِ السابعِ عشرَ ولكن قدرتَها لمْ تكنْ عاليةً فِى البـدايـةِ. وقـد اسـتـغـرقَ تـطـويـرُ تصميماتٍ أفضلَ للمجهرِ وعدساتٍ أقوَى سنواتٍ عديدةً. وبحلولِ نهايةِ القرنِ الثامنَ عشرَ أصبحتْ المجاهرُ منْ الكفاءةِ بحيثُ يمكنُ أن يشاهدَ العلماءُ مَا بداخلِ الخلايَا.

وقد شاهدُوا الكروموسومات داخلَ النواةِ وهى تتضاعفُ وتنقسمُ عندما تنتجُ خلايَا جديدةً. وقد أدركُوا أنهُ يمكـنُ أن تـنـتـقـلَ الـصـفـاتُ مـن الـوالـديـنِ إلـى الأطـفـالِ داخـلَ الكروموسوماتِ.

كان منـدل علَى حـقٍّ

فِى السنواتِ التى سبقتْ 1900 بقليلٍ توصلَ ثلاثةُ علماءَ هم: «دى ڤريز» و«كورينز» و«فون تشيرماك» إلى نفسِ النتائجِ التى توصلَ إليهَا مندلِ قبلَ ذلكَ بأربعينَ سنةً. وقد أرتأوْا أيضًا أنهُ لابدَّ وأن تكونَ هناكَ «ذراتٌ وراثيةٌ» - أو جيناتٌ - فِى الكروموسوماتِ وأنها تأتِى على هيئةِ أزواجٍ.



الكروموسومات
وهى تنسخ نفسها
وتنفصلُ قبلَ أن تنقسمَ الخليةُ
وعندما رأى العلماءُ ذلكَ أدركُوا أن الكروموسومات
قدْ تحتوى على جيناتٍ.

وينطلقُ علمُ الوراثةِ

أصبحَ علمُ الوراثةِ الآنَ على الطريقِ الصحيحِ وتمتْ الاكتشافاتُ الجديدةُ بسرعةٍ. وقدْ توصلَ العلماءُ إلَى أن كلَّ كروموسومٍ عبارةٌ عن خيطٍ منْ جيناتٍ عديدةٍ. وقد أدركوا أيضًا أن زوجًا واحدًا من بينِ 23 زوجًا من الجيناتِ فِى البشرِ هو الذى يحدّدُ إن كانَ الطفلُ سوفَ يكونُ ولدًا أو بنتا (انظُرْ صفحة 11).

فِى الأربعينياتِ منَ القرنِ العشرينَ اكتشفَ عالِما الأحياءِ «چورچ بيدل» و«إدوارد تاتوم» أن الجيناتِ المختلفةَ شفراتٌ لبروتيناتٍ مختلفةٍ للجسمِ. وقد اكتشفَ عالمُ أحياءٍ آخرُ «أوزوالد آثرى» أن الكروموسومات والجيناتِ تتكونُ من مادةٍ تسمَّى الحمضَ النووىَّ الريبىَّ منقوصَ الأكسجين. ويُعرفُ أيضًا بالرمز دى إن إيه ويختصرُ باسمِ الحمضِ النووىِّ).

صورُ فرانكلين

ولكنْ ما شكلُ الحمضِ النووىِّ؟ فِى عامِ 1950 طورتْ كيميائيةٌ تدْعَى «روزاليند فرانكلين» طريقةً لاستخدامِ أشعةِ إكس لتصويرِ الأشياءِ شديدةِ الصغرِ.

بينتِ الأنماطُ التى ظهرتْ فى صورِ فرانكلين للعلماءِ أن لجزىءِ الحمضِ النووىِّ شكلاً حلزونيًا.

وقدْ التقطت «روزاليند فرانكلين» صورًا لجزىءِ الحمضِ النووىِّ أظهرتْ أن له شكلاً حلزونيًّا أو لولبيًّا.

جائزةُ نوبل

أعطَى أحدُ زملاءِ روزاليند فرانكلين ويُدعى موريس ويلكنز نسخةً من نتائِجها إلى عالمينِ آخرينِ هُما چيمس واطسون وفرانسيس كريك. وباستخدامِ نماذجَ للقواعدِ الكيميائيةِ الأربعِ التى تكوِّنُ الحمضَ النووىَّ تمكنُوا منَ التوصلِ إلى أن اللولبَ عبارةٌ عن حلزونٍ مزدوجٍ واكتشفوا أيضًا كيفَ يعملُ الحمضُ النوويُّ وكيفَ يستطيعُ الحمضُ النوويُّ أن ينسخَ نفسَه (انظر صفحة 17).

وفِى عام 1962 مُنحَ واطسون وكريك وويلكنز جائزةَ نوبل لأبحاثهمُا على الحمضِ النووىِّ كانَ منَ الممكنِ أن تشاركهم روزاليند فرانكلين الجائزة أيضًا لولاَ أنَّها توفيتْ بمرضِ السرطانِ عامَ 1958.

يبينُ هذا النموذجُ الحديثُ المصوَّرُ على الكمبيوتر شكلَ جزىءِ الحمضِ النووى



علمُ الجينـاتِ اليـومَ

أصبحَ علمُ الوراثةِ فى القرنِ الحادى والعشرينَ أحدَ أهمِّ العلومِ كلِّها. ويقومُ علماءُ الوراثةِ باكتشافِ الجيناتِ التى تساهمُ فى الأمراضِ وبتصنيعِ أدويةٍ جديدةٍ وبإعادةِ تصميمِ الكائناتِ الحيةِ. وهكذا تغيرُ فروعُ علمِ الوراثةِ المختلفةُ كلَّ جوانبِ حياتِنا.

اختبارُ الحمضِ النوويِّ

من الممكنِ حاليًا أن تقرأَ الأنماطَ الموجودةَ فى الحمضِ النوويِّ لشخصٍ ما. وهناكَ استخداماتٌ عديدةٌ لاختبارِ الحمضِ النوويِّ:

- لمعرفةِ ما إذا كانَ لديكَ جيناتٌ تحملُ أمراضًا وراثيةً.
- لمعرفةِ ما إذا كانَ شخصانِ ينتميانِ لنفسِ العائلةِ.
- لتعقبِ أحدِ المجرمينَ باستخدامِ عينةٍ من الشعرِ أو الجلدِ المأخوذةِ من مسرحِ الجريمةِ.
- لمعرفةِ المزيدِ عنِ المومياواتِ وعنِ الحياةِ الحيوانيةِ والنباتيةِ المحفوظةِ من عهودِ ما قبلَ التاريخِ.

وضعُ خريطةِ الجينوم

يعنى وضعُ خريطةِ الجينومِ حلَّ رموزِ الجينومِ (التتابعُ الكاملُ للحمضِ النوويِّ) الخاصِّ بكائنٍ حيٍّ. وقدْ تمَّ حاليًا وضعُ خريطةِ الجينومِ للبشرِ وبكتيريا (إى كولاى) وذبابِ الفاكهةِ وأنواعٍ أخرى عديدةٍ. ولا تُظهرُ خرائطُ الجينومِ بالفعلِ كيفَ تعملُ الجيناتُ. ولكنَّها تعطى فقط تتابعًا طويلاً بشفرةِ الحمضِ النوويِّ للنوعِ الذى توضعُ لهُ الخريطةُ.

ثمَّ يمكنُ بعدَ ذلكَ أن تُستخدمَ هذهِ المعطياتُ الأوليةُ لاكتشافِ ما الذى تقومُ بهِ أىُّ الجيناتِ بالذاتِ وكيفَ تعملُ. وعلى سبيلِ المثالِ يدرسُ العلماءُ الجينومَ البشرىَّ للبحثِ عن الجيناتِ التى تسببُ الأمراضَ.



لوضعِ خريطةِ الجينومِ تؤخذُ خلايا من كائنٍ حيٍّ مثلِ دودةٍ أو ذبابةِ فاكهةٍ.



وتستخرجُ الكروموسوماتُ التى تحتوى على الحمضِ النوويِّ من الخلايا.



ثم يحللُ الحمضُ النوويُّ وتقومُ حاسباتٌ قويةٌ بمحاولةِ فهمِ نظامِه.

الهندسةُ الوراثيةُ

تعنى الهندسةُ الوراثيةُ إحداثَ تغييراتٍ فى الحمضِ النوويِّ حتى تتغيرَ طريقةُ عملِ الكائناتِ الحيةِ. وتستخدمُ لإنتاجِ أنواعٍ جديدةٍ من المحاصيلِ وحيواناتِ المزارعِ ولتصنيعِ البكتريا التى يمكنُ أنْ تصنعَ الأدويةَ. ومن الوجهةِ النظريةِ يمكنُ أنْ يُهندَسَ البشرُ وراثيًا أيضًا.

كثيرًا ما يستخدمُ العلماءُ ذبابَ الفاكهةِ فى تجاربِ الوراثةِ وقدْ قاموا بوضعِ خريطةِ الجينومِ لها.

تمتْ هندسةُ هذا الدجاجِ وراثيًا بحيثُ لا يكونُ لديهِ ريشٌ.

جدلٌ أخلاقيٌّ

يعارضُ العديدُ من الناسِ علمَ الوراثةِ بشدةٍ. وفى حينِ يعتقدُ البعضُ أنه يجبُ أن يُستخدمَ هذا العلمُ فى اكتشافِ اختراعاتٍ مفيدةٍ يعارضُ آخرونَ التدخلَ فى طريقةِ عملِ الكائناتِ الحيةِ. وقد اتُّهِمَ العلماءُ بأنهمْ يتلاعبونَ بخلقِ اللهِ عندما ينشئونَ أشكالاً جديدةً للحياةِ. وتعتبرُ المناقشاتُ حولَ أخلاقياتِ (الصوابُ والخطأُ) علمِ الوراثةِ جزءًا كبيرًا من عالمِ العلمِ الحديثِ.

مشروعاتٌ اقتصاديةٌ ضخمةٌ

لا تعودُ أهميةُ علمِ الوراثةِ للناحيةِ العلميةِ فحسب. فهذا العلمُ هامٌّ منْ ناحيةِ الأعمالِ الاقتصاديةِ أيضًا. وفى استطاعةِ العديدِ من الاكتشافاتِ الوراثيةِ مثلِ إنتاجِ المحاصيلِ المقاومةِ للآفاتِ وأدويةِ العلاجِ بالجيناتِ أن تُدرَّ أرباحًا طائلةً. وتقومُ شركاتُ التقنيةِ الحيويةُ القويةُ بتعيينِ علماءِ وراثةٍ تابعينَ لها أو تمولُ علماءَ الجامعاتِ للعملِ على أبحاثِ الجيناتِ التى قد تؤدِّى إلى اختراعاتٍ تربحُ الكثيرَ من الأموالِ.

تغييرُ أنفسِنا

وربما نبدأُ قريبًا فى تعديلِ جيناتِنا نفسِها. ممَّا قدْ يؤدِّى إلى استخداماتٍ طبيةٍ فى جميعِ المجالاتِ. وعلى سبيلِ المثالِ قد يساعدُنا فى التخلصِ منَ الأمراضِ الوراثيةِ أو أن نعيشَ سنينَ أطولَ بكثيرٍ منَ الوقتِ الحاليِّ وقد يمكنُنا فى آخرِ الأمرِ أن نقومَ بأشياءَ أخرى أيضًا مثلِ تحسينِ ذاكرتِنا وذكائِنا وقوتِنا.



أنتجَ العلماءُ سمكَ (السلمون) مُهندَسًا وراثيًا بحيثُ ينمُو أسرعَ بكثيرٍ منَ السالمونِ العادِيِّ. ومنَ الممكنِ أن يدرَّ على أصحابِ مزارعِ السمكِ أرباحًا طائلةً.

الجينوم البشرىّ

فى فبراير 2001 أعلنَ العلماءُ أنهمْ قد أتمُّوا خريطةً أولَى للجينومِ البشرىِّ، أى التتابعِ الكاملِ للحمضِ النووىِّ. وسوف تساعدُنا هذهِ المعرفةُ فى إيجادِ أىِّ الجيناتِ يقومُ بأىِّ الأعمالِ. وهىَ معلوماتٌ جوهريةٌ لعلمِ الطبِّ.

سباقُ الجينوم

فى عام 1990 أعلنتْ مجموعةٌ دوليةٌ من العلماءِ مشروعَ الجينومِ البشرىِّ - وهو خطةٌ لعملِ خريطةٍ لمجموعةٍ كاملةٍ من الجيناتِ البشريةِ بحلولِ عامِ 2010. وسوف تتاحُ النتائجُ لأىِّ شخصٍ يريدُ أن يستخدمَها. ولكن فى عامِ 1998 أنشأ عالمُ وراثةٍ أمريكىٌّ يُدعى «كريج ڤينتر» شركةً خاصةً اسمُها سيليرا چينوميكس.

وقد اعتزمَ أن يقومَ بعملِ خريطةِ الجينومِ بنفسهِ باستخدامِ نظامِ كمبيوترٍ جديدٍ لقراءةِ نظامِ الحمضِ النووىِّ، ثمَّ يحصلُ على براءةِ اكتشافِ نتائجِهِ بحيثُ يُلزمُ الأشخاصَ الذين يستخدمُونَها بدفعِ مقابلِ الاستخدامِ. وبدأتِ المنظمتانِ سباقًا لإنهاءِ خريطةِ الجينومِ. وكانتِ النتيجةُ فى النهايةِ التعادُلَ. وقدْ توصلَ الطرفانِ إلى اتفاقٍ فى عامِ 2000 وأخيرًا أصدرَا إعلانًا مشتركًا بأنَ الخريطةَ قد اكتملتْ.

إلى اليمين: عالمُ الجينوم الأمريكىُّ ورجلُ الأعمال «كريج ڤينتر». ويُرى وراءه عرضٌ على شاشة الكمبيوتر لمجموعاتٍ أو «مستعمرات» من الجينات تنتظرُ أن تنسخ وتعالج كجزءٍ من عملية صنع خريطة الجينوم المعقدة.

شاشةُ عرضٍ كمبيوتر تظهرُ تتابعَ القواعدِ فى الحمضِ النووىِّ البشرىِّ. وترمزُ الألوانُ الأربعةُ إلى القواعدِ الأربعِ فى الشفرةِ الجينيةِ.

كيفَ تمَّ إنجازُها؟

صُنعتِ الخريطةُ باستخدامِ خلايا مأخوذةٍ من مجموعةٍ من المتطوعين ومن «ڤينتر» نفسه. ولقراءةِ شفرةِ الحمضِ النووىِّ استخدمَ العلماءُ فصلَ الحمضِ النووى الريبى منقوصِ الأكسجين وحمض «ريبونسيليك» وبروتين بواسطة تيار كهربى، وفيها يفصلُ الحمضُ النووى بواسطة شحنة كهربية إلى قطعٍ فى أنابيبَ زجاجيةٍ مملوءةٍ بالهلامِ. ثمَّ تقومُ كمبيوتراتٌ قويةٌ بتحليلِ النتائجِ لإعطاءِ تتابعِ القواعدِ فى كلِّ جينٍ.



أحدُ علماء مشروع الجينوم البشرىّ أثناء تحضير حمض نووىّ بشرىّ لعمل خريطة فى مركز «سانجر» فى كامبريدج بالمملكة المتحدة.

ثغراتٌ فى الخريطةِ

على الرغمِ منَ القيامِ بالإعلانِ فإنّ خريطة الجينومِ البشرىّ لمْ تكتملْ تمامًا. وقدْ صُنعتْ مناطقُ عديدةٌ منَ الحمضِ النووىّ منْ تتابعاتٍ قصيرةٍ متكررةٍ ممّا يجعلُ قراءتَها شديدةَ الصعوبةِ على آلاتِ إجراءِ التتابعِ. ولذلكَ لمْ تكتملْ هذهِ القراءةُ. ولايزالُ العلماءُ يعملونَ على مناطقَ صعبةٍ أخرى ويصلحونَ الأخطاءَ.

الخرائطُ والبراءاتُ

يستمرُّ العلماءُ فى عملِ خرائطِ الجينومِ لأنواعٍ أخرى عديدةٍ إلى جانبِ الجينومِ البشرىّ، مثلِ الدودِ وذبابِ الفاكهةِ والكلابِ وبعضِ الأعشابِ والأرزِ. وبالإضافةِ لكونهِ مفيدًا فى ذاته فإن إجراءَ خريطةِ الجينوماتِ الأخرى يساعدُنا على فهمِ المزيدِ عنِ الجينومِ البشرىّ؛ لأنّ كلّ الكائناتِ الحيةِ تشتركُ فى بعضِ الجيناتِ وأنماطِ الحمضِ النووىّ.

وتحاولُ بعضُ الشركاتِ بما فيها سيليرا أنْ تحصّلَ على براءةِ اكتشافِ تتابعاتِ الجيناتِ؛ مما يعنى أنّهمْ سيحصلونَ على ترخيصٍ خاصٍ بحيثُ يضطرُّ العلماءُ الآخرونَ إلى دفعِ المالِ مقابلَ استخدامِ هذهِ المعلوماتِ.

حقائقُ وأرقامٌ

- للجينومِ البشرىّ تسلسل منْ 3,2 مليارِ زوجٍ قاعدىّ. ويمكنُ أن يملأَ هذا 200 دليلِ هاتفٍ. وإذا قرأتَهُ بصوتٍ عالٍ فسوفَ يستغرقُ منكَ أكثرَ منْ 50 سنةً.
- يعتقدُ العلماءُ أنّ هناكَ حوالَى 30,000 جينٍ مختلفٍ فى الجينومِ البشرىّ.
- إذا أخذتَ كلّ الحمضِ النووىّ منْ خليةٍ بشريةٍ واحدةٍ ثمّ وصلتَهُ معًا ومددتَهُ فسوفَ يبلغُ طولُهُ حوالَى مترينِ. ويمكنُ لكلّ الحمضِ النووىّ الموجودِ فى جسدكَ أنْ يصلَ إلى الشمسِ ويعودَ 600 مرةٍ.



صورةٌ مكبرةٌ بالمجهرِ لذبابةِ الفاكهةِ. وذبابُ الفاكهةِ شديدُ الأهميةِ فى علمِ الوراثةِ؛ لأنّهُ سريعُ التكاثرِ بحيثُ يُمكنُ أن يشاهدَ العلماءُ كيفَ يتغيرُ الجينومُ الخاصُّ بهِ معَ مرورِ الزمنِ.

الهندسةُ الوراثيةُ

تَعنِى الهندسةُ الوراثيةُ تغييرَ جيناتِ الكائناتِ الحيةِ. ومن الممكن الاستفادة بها فى الآلافِ من الاستخداماتِ بدءًا منَ الأطعمةِ المعدلةِ وراثيًّا إلى الموادِّ الجديدةِ المدهشةِ والأدويةِ الجديدةِ وحتى الأنواعِ الجديدةِ تمامًا منَ الكائناتِ الحيةِ. ولكنَّها مازالتْ غيرَ مفهومةٍ بصورةٍ كاملةٍ ولا يعلمُ أىُّ شخصٍ مَا إذَا كانتْ آمنةً تمامًا.

تمتْ هندسةُ بكتيريا إى كُولاى هذهِ بحيثُ تنتجُ الأنسولينَ البشرىَّ.

لمـاذَا نقـومُ بذلك؟

تنمو الكائناتُ الحيةُ بطريقتِها المعهودةِ بسببِ التعليماتِ الموجودةِ فِى جيناتِها. ولذا علَى سبيلِ المثالِ تتبعُ بكتيريا (إى كولاى) التعليماتِ الموجودة فِى جيناتها لكى تنمُو علَى هيئةِ السجقِ وتنتجَ البروتيناتِ التى تحتاجُ إليهَا لتظلَّ حيةً. ويستطيعُ العلماءُ أنْ يجعلُوا بكتيريا إى كولاى تسلكُ مَسْلكًا مختلفًا عنْ طريقِ تغييرِ هذهِ الجيناتِ.

علَى سبيلِ المثالِ إذَا أدخلُوا جينَ الأنسولينِ البشرىَّ فِى بكتيريا إى كولاى فسوفَ تصنعُ هذهِ البكتيريا الكثيرَ منَ الأنسولينِ فيجمعونَهُ ويستخدمونَهُ. ومنَ الممكنِ تغييرُ العديدِ منَ الكائناتِ الحيةِ الأخرى وراثيًّا أيضًا.

كيفَ تعمـلُ؟

تجرِى الهندسةُ الوراثيةُ عادةً بأخذِ خليةٍ حيةٍ من أحدِ الأنواعِ وإضافةِ جينٍ منْ نوعٍ آخرَ. وتبيّنُ هذهِ الصُّورُ كيفَ أنتجَ العلماءُ فأرًا متوهجًا باستخدامِ الهندسةِ الوراثيةِ.

خليةُ قنديلِ البحرِ.

الحمضُ النووىُّ لقنديلِ البحرِ.

جينُ البروتينِ المتوهجُ.

★ 1 لدَى قنديلِ البحرِ جينٌ يصنعُ بروتينًا متوهجًا مما يجعلُ قنديلَ البحرِ يتوهجُ فِى بعضِ أنواعِ الضوءِ.

الحمضُ النووىُّ للفيروسِ.

جينُ قنديلِ البحرِ المدخلُ.

الفيروسُ.

2 يؤخذُ جينُ التوهجِ منْ خليةِ قنديلِ البحرِ ويدخلُ فِى فيروس. (هذَا الفيروسُ معدلٌ بحيثُ لا يمكنُهُ أنْ يحملَ أىَّ أمراضٍ).

تعملُ الفيروساتُ عَنْ طريقِ إدخالِ حمضِهَا النووىَّ فِى خليةٍ مَا.

خليةُ الفأرِ.

حمضُ الفأرِ النووىُّ.

3 يَلصَقُ الفيروس - المُهندَسُ وراثيًا - نفسَهُ بخليةِ الفأرِ البيضيةِ المخصَّبةِ.

4 يُوصلُ الفيروسُ جينَ التوهجِ إلى داخلِ نواةِ الخليةِ البيضيةِ حيثُ يتحدُ بالحمضِ النووىِّ للفأرِ.

5 تنمُو بويضةُ الفأرِ المهندسةُ وراثيًا لتصبحَ فأرًا بالغًا يصنعُ بروتينَ التوهجِ. ويكونُ الوهجُ أضعفَ منْ أن يُرى بالإضاءةِ العاديةِ ولكنْ يمكنُ اكتشافُهُ باستخدامِ آلةِ تصويرٍ خاصةٍ.

فأرٌ متوهجٌ مُهندَسٌ وراثيًا.

مَا الذى يمكنُ أنْ تفعلَهُ؟

أنتجتِ الفئرانُ المتوهجةُ علَى سبيلِ التجربةِ فقطْ ولكنَّ هناكَ ملايينَ الاستخداماتِ الأكثرِ إفادةً منَ الناحيةِ العمليةِ للهندسةِ الوراثيةِ.

إلا أن هناكَ مشاكِلَ؛ إذْ يعتقدُ العديدُ منَ الأشخاصِ أنَّ تغييرَ الكائناتِ الحيةِ علَى هذَا النحوِ خطأٌ منَ الناحيةِ الأخلاقيةِ.

الجمرةُ الخبيثةُ انثراكس جرثومةٌ سبقَ استخدامُهَا كسلاحٍ. وقدْ تجعلُهَا الهندسةُ الوراثيةُ أكثرَ خطورةً.

وقدْ تكونُ هناكَ تأثيراتٌ غيرُ متوقعةٍ للهندسةِ الوراثيةِ أوْ قدْ تُستخدَمُ بطريقةٍ ضارةٍ. وعلَى سبيلِ المثالِ فإنَّهُ منَ الممكنِ أنْ يُنتجَ شخصٌ مَا بكتيريَا مهندَسةً وراثيًّا بحيثُ تكونُ مميتةً بدرجةٍ شديدةٍ عندَ استخدامِهَا كسلاحٍ.

استخداماتٌ أخرَى

فيمَا يلِى بعضُ اختراعاتِ الهندسةِ الوراثيةِ. بعضُهَا يُستخدمُ بالفعلِ بينمَا لايزالُ البعضُ قيدَ البحثِ.

• الفراشُ القاتلُ: لتقليلِ عددِ الديدانِ الآكلةِ للمحاصيلِ أطلقَ العلماءُ فراشًا مهندَسًا وراثيًّا صُمِّمَ لكىْ ينقلَ جيناتِ مرضٍ قاتلٍ لأقربائِهِمْ.

• المتبرعُ بالأعضاءِ: قدْ يستطيعُ العلماءُ أنْ يهندِسُوا الخنازيرَ لتنموَ بهَا أعضاءٌ بشريةٌ لتُستخدمَ فِى نقلِهَا إلى البشرِ.

• الشجرةُ «التقنيةُ» يمكنُ استخدامُ جيناتٍ متوهجةٍ منْ قنديلِ البحرِ لصنعِ شجرةِ عيدِ ميلادٍ متوهجةٍ بطريقةٍ طبيعيةٍ.

• القطنُ القاتلُ: أضيفَ جينٌ منَ البكتيريَا قاتلةِ الحشراتِ إلَى نباتاتِ القطنِ حتى تُصبحَ سامةً للآفاتِ الحشريةِ التى تتغذَّى علَيها.

سوف تتيحُ الهندسةُ الوراثيةُ للعلماءِ أنْ يصنعُوا كمياتٍ كبيرةً منْ حريرِ العنكبوتِ القوىِّ المرنِ.

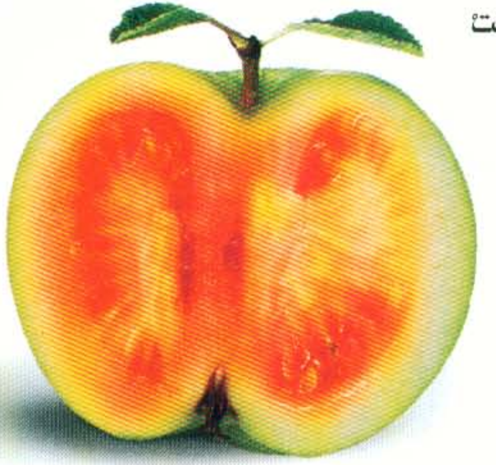
• حبلُ العنكبوتِ: أدخلَ جينًا منْ عنكبوتٍ إلى بعضِ الماعزِ ويحتوى لبنُها الآنَ علَى خيوطٍ شديدةِ الصِّغرِ منْ حريرِ العنكبوتِ يُمكنُ أنْ تُصنعَ علَى هيئةِ حبلٍ قوىٍّ مرنٍ.

• الذرةُ السُّوبرُ. أنتجَ العُلماءُ نوعًا جديدًا منَ الذرةِ التى تحتوى علَى موادَّ غذائيةٍ إضافيةٍ عنْ طريقِ تغييرِ تتابعاتِ الجيناتِ فِى الذُّرةِ.

كثيرًا مَا يهاجم دودُ القطنِ محاصيلَ القطنِ. وقدْ تمتْ هندسةُ بعضِ محاصيلِ القطنِ وراثيًا فِى الوقتِ الحالى بحيثُ تأخذُ بثأرِهَا عنْ طريقِ قتلِ دودِ القطنِ.

الطعامُ المعدَّلُ وراثيًّا

منْ بينِ كُلِّ ما تستطيعُ الهندسةُ الوراثيةُ أنْ تقومَ بهِ منَ الأشياءِ رُبما كانتْ الأطعمةُ المعدلةُ وراثيًّا هيَ أكثرَها مثارًا للحديثِ. وقدْ تساعدُ الأطعمةُ المعدَّلةُ وراثيًّا علَى التقاءِ الجوعِ فى العالمِ ولكنْ العديدُ منَ الناسِ قلقون بخصوص مَدى الأمانِ فى تناوُلِها.



كثيرًا ما يتخيلُ الناسُ الأطعمةَ المعدلةَ وراثيًّا على أنَّها تركيباتٌ غريبةٌ منْ أنواعٍ مختلفةٍ. وهىَ عادةً ما تبدُو فى الحقيقةِ مثلَ الطعامِ العاديِّ تمامًا.

أطعمةُ «فرانكلين»

سُميتْ الأطعمةُ المعدلةُ وراثيًّا أطعمةَ «فرانكلين» نسبةً إلَى العالمِ «فرانكشتاين» فِى روايةِ مارى شيللى «فرانكتشتاين». فِى الكتابِ يخترعُ «فرانكشتاين» وحْشًا ينقلبُ عليهِ ويُهاجمُ أسرتَهُ.

علَى مائدتِكَ

ملايينُ منَّا قدْ أكلُوا بالفعلِ أغذيةً معدَّلةً وراثيًّا. وعلَى سبيلِ المثالِ تمَّ تغييرُ جيناتِ بعضِ الطماطمِ المعدلةِ وراثيًّا لمنعِها منْ أنْ تصبحَ طريَّةً أثناءَ نموِّهَا. وقدْ بيعتْ علَى نطاقٍ واسعٍ فِى معجونِ الطماطمِ لسنواتٍ عديدةٍ.

وقدْ اختُبِرَتْ كلُّ الأطعمةِ المعدلةِ وراثيًّا التى نأكلُهَا منْ حيثُ الأمانُ. ولكنْ لايزالُ العديدُ منَ الأشخاصِ يتوجسُونَ خيفةً منْ أنْ تكونَ ضارةً لَنا بطرقٍ لا نفهمُهَا بَعدُ. وبسببِ الاعتراضِ علَى الأطعمةِ المعدلةِ وراثيًّا توقَّفَتْ متاجرُ عديدةٌ عنْ بيعِهَا.



يرى بعضُ المعارضينَ الأطعمةَ المعدلةَ وراثيًّا كوحُوشٍ منْ صُنعِ الإنسانِ مثلَ وحشِ فرانكنشتاين. وتظهرُ هذهِ الصورةُ الممثلَ «بوريس كارلوف» وهُوَ يؤدِّى دورَ وحشِ فرانكنشتاين فى فيلمِ عام 1935.

الفراولةُ السَّمكيةُ

تُبيِّنُ هذهِ الرسومُ كيف يُصنَعُ نوعٌ منَ الأطعمةِ المعدلةِ وراثيًّا: فراولة تقاومُ خطر الصقيعِ.

«الفلاوندر» سمكةٌ تعيشُ فِى البحارِ المتجمدةِ ولديهَا جينٌ يمنعُهَا منْ أنْ تتجمدَ حتى الموتِ وَالفراولةُ فاكهةٌ طريةٌ يمكنُ أنْ يتلِفَهَا الصقيعُ بسهولةٍ.



1 يُستنسَخُ جينُ الفلاوندر المضادُّ للتجمدِ ثمَّ يدخلُ إلى حلقةٍ صغيرةٍ منَ الحمضِ النوويِّ المأخوذِ منْ بكتيريا.

2 ثم توضعُ حلقةُ الحمضِ النوويِّ المحتويةُ على جينِ الفلاوندر فى بكتيريا أخرى.

3 وتستخدمُ هذهِ البكتيريا الثانيةُ فى إصابةِ خليةِ الفراولةِ. فيدخلُ جينُ الفلاوندر المضادُّ للتجمدِ إلى الحمضِ النوويِّ للفراولةِ.

خليةُ الفراولةِ

الجينُ المضادُّ للتجمدِ.



4 تنمُو خليةُ الفراولةِ المعدلةُ وراثيًّا الجديدةُ لتصبحَ نباتًا جديدًا معدلاً وراثيًّا يمكنُ أنْ يتكاثرَ مراتٍ عديدةً.

وبفضلِ جينهِم الجديدِ تصنعُ نباتاتُ الفراولةِ المعدلةِ وراثيًّا بروتينًا يساعدُهَا على مقاومةِ الصقيعِ. ولا تحتوى هذهِ النباتاتُ على أىِّ جيناتِ سمكٍ أُخرى ولا يظهرُ فى طعمِهَا ورائحتِها طعمُ السَّمكِ أو رائحتُهُ.

مزيدٌ منَ المخاوفِ

هناكَ دواعٍ أُخرَى لقلقِ بعضِ النّاسِ منَ الأغذيةِ المعدَّلةِ وراثيًّا. وأحدُها هُوَ أنَّ التجميعاتِ الجديدةَ للجيناتِ قدْ تؤدّي إلَى تغييراتٍ غيرِ متوقَّعةٍ. وعلَى سبيلِ المثالِ، قدْ تكونُ جزرةٌ. معدلةٌ لتنموَ إلى أحجامٍ أكبرَ . سامةٌ أيضًا وكذلكَ قدْ تضرُّ زراعةُ المحاصيلِ المعدلةِ وراثيًّا بالبيئةِ. وعلَى سبيلِ المثالِ فإنَّ المحاصيلَ المعدلةَ بحيثُ تكونُ سامةً للآفاتِ قدْ تؤدّي إلى انقراضِ بعضِ أنواعِ الحشراتِ.



لمْ تغييرُ حبتَي الطماطمِ المبيّنتَيْنِ إلى اليمينِ وراثيًا بحيثُ تقاومانِ العفنَ.



أشارتْ إحدَى الدراساتِ إلى أنَّ بعضَ محاصيلِ الذرةِ المعدلةِ وراثيًّا يمكنُها أنْ تقتلَ الفراشَ الملكيَّ.

فِي مهبِّ الرِّيحِ

فِي أثناءِ نموِّ المحاصيلِ قدْ تُطَيِّرُ الرياحُ لقاحَهَا فيهبطُ فِي حقولٍ أُخرَى. وبهذهِ الطريقةِ يمكنُ أنْ يتحدَ اللقاحُ الآتِي منْ محاصيلَ معدلةٍ وراثيًّا، ويحتوِي علَى جيناتٍ معدَّلةٍ معَ محاصيلَ غيرِ معدَّلةٍ فيغيرُها أيضًا. ويحاولُ المزارعونَ أنْ يفصلُوا المحاصيلَ المعدلةَ وراثيًّا عنِ المحاصيلِ غيرِ المعدَّلةِ ولكنَّ هذا الفصلَ لا ينجحُ دائمًا. فإذَا ظهرَ أنَّ الأطعمةَ المعدلةَ وراثيًّا خطرةٌ بالفعلِ فسوفَ تكونُ تلكَ مشكلةً كبيرةً.

يقومُ هذا المعترضُ ضدَّ الأطعمةِ المعدلةِ وراثيًّا باقتلاعِ بعضِ المحاصيلِ المزروعةِ فِي حقلٍ بإنجلترا ثمَّ وضعِها فِي كيسٍ منَ البلاستيكِ وأغلقه بإحكامٍ.

محاربةُ المجاعاتِ

هناكَ ملايينُ منَ الناسِ فِي العالمِ الذينَ لا يتناولُونَ ما يكفِي منَ الغذاءِ. وكثيرًا ما يحدثُ ذلكَ بسببِ التهامِ محاصيلهِمْ أوْ بسببِ فشلِ المحاصيلِ لضعفِ التربةِ أوْ نقصِ الأمطارِ. وقدْ تساعدُ المحاصيلُ المعدلةُ وراثيًّا والمصممةُ بحيثُ تقاومُ الآفاتِ وتُواصلُ الحياةَ فِي التربةِ الرقيقةِ الجافةِ علَى حلِّ هذهِ المشاكلِ ومنعِ المجاعاتِ.



يمكنُ تصميمُ الذُّرةِ المعدّلةِ وراثيًّا بحيثُ تقاومُ الآفاتِ مثلَ حفارِ ساقِ الذُّرةِ المبينِ.

الأدويةُ الجينيَّةُ

يوشكُ علمُ الجيناتِ أنْ يُحدثَ ثورةً فِى الطريقةِ التى نُعالجُ بِهَا الأمراضَ ونمنعُهَا. ويستطيعُ العلماءُ الآنَ أنْ يجدُوا الجيناتِ التى تسببُ الأمراضَ، ويتعلمُوا كيفَ يصلحُونَها أو يستبدلونَها. ويمكنُهُمْ أنْ يستخدمُوا بكتيريَا معدلةً وراثيًّا لصُنعِ الأدويةِ وقدْ يمكنهمْ قريبًا أنْ ينتجوا أعضاءً بشريةً كاملةً.

تصنيعُ الأدويةِ

حتَّى عهدٍ قريبٍ كانَ مِنَ الضَّروريِّ أنْ تُجمعَ الأدويةُ مِنَ النباتاتِ أوِ الحيواناتِ أوْ أنْ تُصنعَ باستخدامِ موادَّ كيميائيةٍ. والآنَ يقومُ العلماءُ بتصنيعِ موادِّ الجسمِ مثلِ عاملِ تجلُّطِ الدَّمِ البشريِّ والأنسُولينِ باستخدامِ بكتيريَا مهندسةٍ وراثيًّا لتنميتِهَا.



تصنيعُ أجزاءِ الجسمِ

قدْ يفشلُ زرعُ الأعضاءِ إذَا رفضَ الجسمُ العضوَ الجديدَ. وقدْ يستطيعُ عُلماءُ الجيناتِ أنْ يحلُّوا هذهِ المشكلةَ عنْ طريقِ استزراعِ خلايَا جديدةٍ وأنسجةٍ وربَّمَا أعضاءٌ كاملةٌ جديدةٌ مِنْ خلايَا مستنسخةٍ مِنَ المريضِ، وسوفَ يكونُ لَهَا نفسُ الحمضِ النوويِّ للمريضِ ولذلكَ فلنْ يرفضَهَا جسمُهُ.

وقد يكونُ مِنَ الممكنِ أيضًا أنْ تضافَ جيناتٌ بشريةٌ لحيوانٍ مثلِ الخنزيرِ بحيثُ تنمو بهِ أعضاءٌ ملائمةٌ تمامًا لزرعِهَا فِى مريضٍ مِنَ البشرِ.



يحملُ هذا الوعاء عيناتٍ منْ خلايَا الدَّمِ البيضاءِ المأخوذةِ مِنْ مريضٍ. وتتعرضُ هذهِ الخلايَا لتغييراتٍ جينيةٍ لتُصبحَ مقاومتُهَا للأمراضِ أكبرَ.

ستارٌ لأحدِ الجيناتِ

بوجودِ اختباراتِ الحمضِ النوويِّ يستطيعُ الأطباءُ الآنَ أنْ يكتشفُوا مَدَى احتمالِ إصابتِكَ بالأمراضِ مثلِ السَّرطانِ أوْ مرضِ هانتنجتون. ومع تحسُّنِ طرقِ العلاجِ أصبحَ فِى الإمْكانِ عِلاجُ بعضِ الأمراضِ الوراثيةِ حتى قبلَ أنْ تبدأَ.



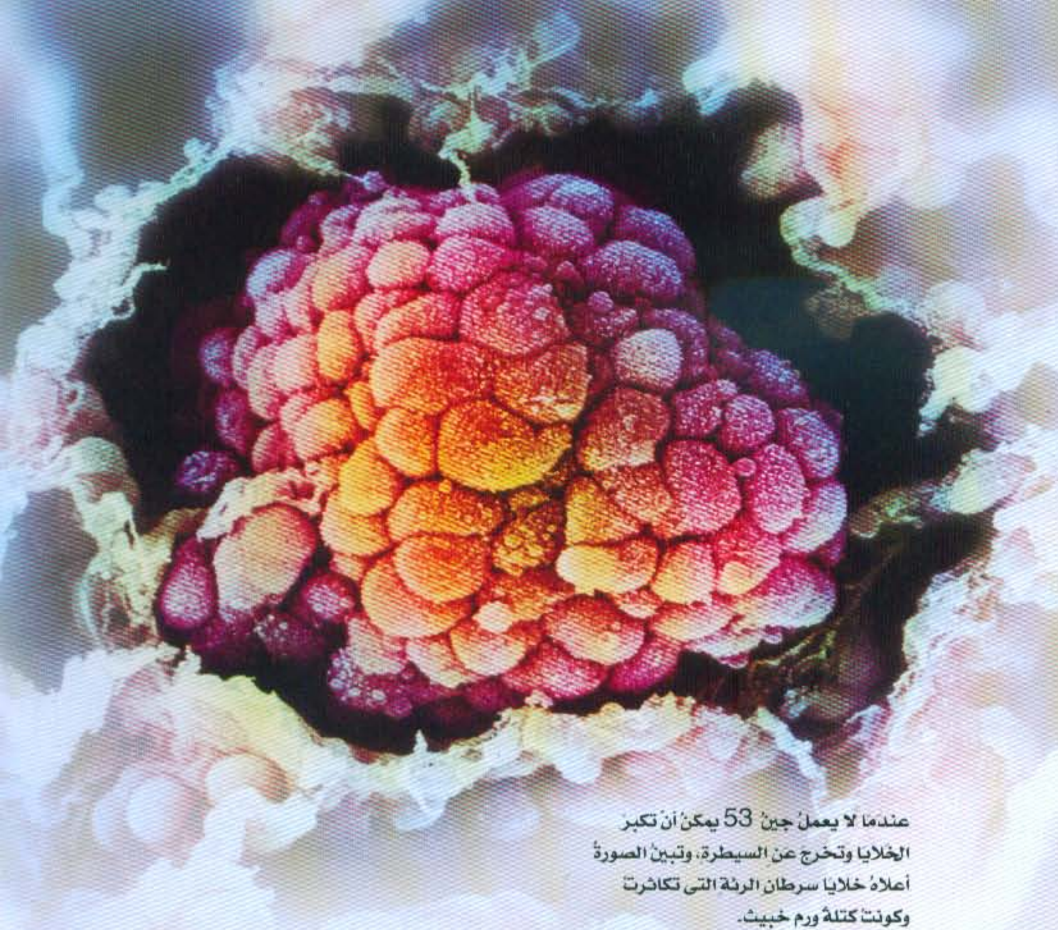
هذان الكروموسومان لمريضةٍ لديهَا نسخةٌ واحدةٌ لجينٍ (يظهرُ باللونِ الأحمرِ) يقِى مِنْ مرضِ السَّرطانِ بدلاً مِنْ نسختينِ. ممَّا يبينُ أنْ لديهَا احتمالاً متزايدًا لمخاطرِ الإصابةِ بالسَّرطانِ.

تحتوِى هذه الوحدةُ على بكتيريَا معدَّلةٍ وراثيًّا، تنتجُ موادَّ الجسمِ البشريِّ التى تُجمعُ لاستخدامِهَا كأدويةٍ.

علاجٌ شافٍ للسَّرطانِ

يحدثُ السرطانُ عندما تكبرُ خلايا الجسْمِ بشكل يصعب السيطرة عليه. وقد اكتشفَ العُلماءُ أحدَ الجيناتِ يطلقُ عَليهِ P-53 يقومُ فِي العادةِ بالاحتفاظِ بالخلايَا تحت السّيطرة. ويعتقدُونَ أنَّ المرضَ يبدأُ عنْ بعضِ مرضَى السَّرطانِ لأنَّ جينَ P-53 لا يعملُ كمَا ينبغِي. وربَّمَا يكونُ ذلكَ بسببِ خطأٍ فِي شفرةِ الجين.

كثيرًا ما يكونُ لعلاجاتِ السرطانِ التقليديةِ مثلِ العلاجِ الكيميائىِّ أعراضٌ جانبيةٌ سيئةٌ. ولذلكَ يبحثُ الخبراءُ الآنَ عنْ طرقٍ لعلاجِ السَّرطانِ بتعديلِ الحمضِ النوويِّ المعيبِ ليجعل الجين P-53 يعمل.



عندمَا لا يعملُ جينُ 53 يمكنُ أنْ تكبرَ الخلايا وتخرجَ عنِ السيطرة، وتبينُ الصورةُ أعلاهُ خلايَا سرطانِ الرئةِ التى تكاثرتْ وكونتْ كتلةَ ورم خبيث.

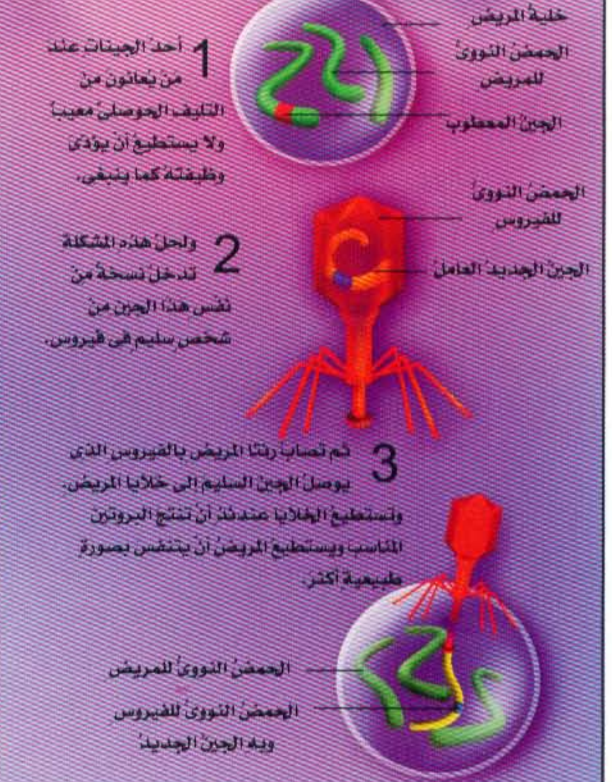
علاجٌ بالجيناتِ

علاجُ الجيناتِ يَعنى إصلاحَ أو استبدالَ الجيناتِ التى تسببُ الأمراضَ. وهذهِ التقنيةُ جديدةٌ تمامًا ولكنّها بدأتْ تنجحُ. وتبيّنُ هذهِ الصُورُ كيف يمكنُ أنْ يُستخدمَ علاجُ الجيناتِ لمعالجةِ التليفِ الكيسى.

لدى مَنْ يُعانونَ مِنَ التليفِ الكيسى طفرةٌ جينيةٌ ممَّا يعنِى أنَّ خلاياهُمْ لا تستطيعُ أنْ تنتجَ أحدَ البروتيناتِ الذى تحتاجُ إليهِ الرئتان. وتمتلئُ رئاتهم بمخاطٍ لَزجٍ ممَّا يَصعبُ معه التنفسُ.



فى هذهِ الصُورةِ المكبرةِ تستطيعُ أنْ ترى كتلةً منَ المخاطِ (الجزء الأصفر) داخلَ رئةِ مريضٍ بالتليفِ الكيسى.



الأطفالُ «المصممونَ»

بدلاً منِ استخدامِ علمِ الجيناتِ لعلاجِ الأمراضِ لِمَ لا ننتقي فحسبُ أطفالاً لا يصابُونَ بهذهِ الأمراضِ أبدًا؟ وهذا يحدثُ الآنَ بالفعلِ، والنتيجةُ عبارةٌ عنْ طفلٍ «المصممينَ». طفلٌ تمَّ اختيارُهُ قبلَ مولدِهِ بسببِ جيناتِهِ السليمةِ.

الأمراضُ الوراثيةُ

لكيْ يُصابَ الطفلُ بمرضٍ وراثيٍّ مثلِ التليفِ الكيسي لابدَّ أنْ يكونَ قد ورثَ نسختينِ منْ جينِ المرضِ منْ والديْهِ. فإذا حملَ الوالدانِ جينًا مريضًا وآخرَ سليمًا كانَ هناكَ احتمالٌ واحدٌ منْ أربعةٍ أنْ يحصُلَ الطفلُ علَى جينينِ مريضينِ وينتهِي الأمرُ بإصابتِهِ بالمرضِ. ولكنْ إذَا علمَ الوالدانِ أنَّ هُناكَ خطرًا علَى أولادِهمَا فباستطاعتِهمَا أنْ يَستخدِمَا طريقةً تُسمَّى التشخيصَ الوراثيَّ السابقَ علَى الزرعِ (PGD) Pre-implantation Genetic Diagnosis للتأكدِ منْ حُصولِهمَا علَى طفلٍ موفورِ الصِّحةِ.

جنينٌ (طفلٌ لمْ يولدْ بعدُ) بصحةٍ جيدةٍ ينمُو داخلَ رحمِ أمِّهِ.

كيفَ تعملُ؟

فيما يلي نبينُ كيفَ تُستخدمُ طريقةُ ذا لمساعدةِ زوجينِ لديهمَا جيناتُ مرضِ التليفِ الحوصليِّ على إنجابِ طفلٍ موفورِ الصحةِ. تتناولُ الأمُّ أولاً عقارًا يجعلُ جسمهَا ينتجُ خلايا بيضيةً إضافيةً تُجمعُ الخلايا البيضيةُ فى طبقٍ زجاجيٍّ وتخصَّبُ بخلايا منويةٍ منَ الأبِ.



وعندما تُلقحُ الخليةُ المنويةُ خليةً بيضيةً تصبحُ جنينًا يمكنُ أنْ ينمو ليصبحَ طفلاً رضيعًا.

يمكنُ أنْ يصبحَ كلُّ جنينٍ طفلاً ولكنْ حوالَيْ واحدٍ منْ كلِّ أربعةٍ منَ الأجنةِ سوفَ يُصابُ بالتليفِ الحوصليِّ. وتختبرُ الأجنةُ لهذا المرضِ باستخدامِ طُرقِ اختبارِ الحمضِ النوويِّ (انظرْ صفحة 44).

وعندمَا تصبحُ الأجنةُ جاهزةً للاختبارِ يكونُ لدَى كلِّ جنينٍ ثمانِي خلايا تسحبُ إحدَى الخلايا لاستخدامِها فى الاختبارِ. ولا يضرُّ هذا بالجنينِ.

يتمُّ اختيارُ جنينٍ أو ثلاثةِ أجنةٍ بصحةٍ جيدةٍ لزرْعِها فى رحمِ الأمِّ. وقد ينمُو واحدٌ أو اثنانِ منها ليصبحَ طفلاً.

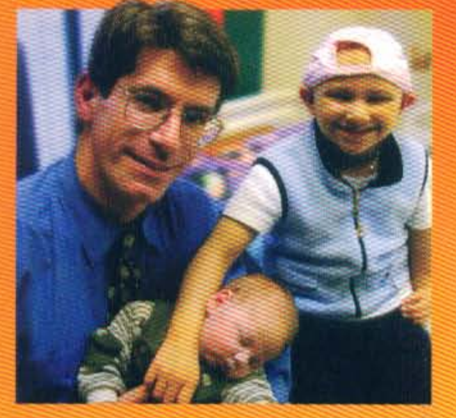
تُظهرُ الصورةُ خليةً بيضيةً بشريةً مكبرةً 600 مرةٍ أكبرَ منَ الحجمِ الطبيعيِّ محمولةً على طرفِ أنبوبةٍ ماصةٍ جاهزةٍ لحقنِها بخليةٍ منويةٍ.

الطفلُ المنقذُ

فى عام 2000 استخدمَ زوجانِ فى الولاياتِ المتحدةِ تقنيةَ الأطفالِ «المصممينَ» بطريقةٍ جديدةٍ. كانتْ ابنتهما موللى تُعانى منْ مرضٍ وراثىٍّ. ويمكنُ أنْ تُشفَى عنْ طريقِ زرعِ خلايا منْ طفلٍ صحتهُ جيدةٌ تتواءمُ بشدةٍ معَ خلاياها. ولذا استخدمَ الزوجانِ طريقةَ ذا ليُنجبا طفلاً صحيحَ البدنِ اسمهُ آدمُ. وقدِ استخدمتْ خلايا منْ حبلهِ السُّرِّى لعلاجِ موللى.



هذه المضغة، عمرها ثلاثة أيام جاهزةٌ لكى تُختبر للأمراض الوراثية.



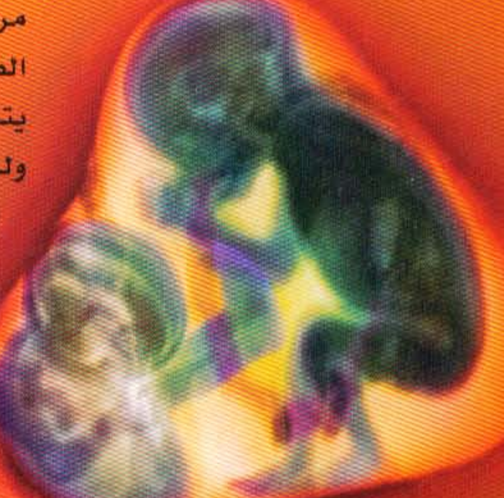
«موللى ناش» وطبيبها مع الطفل آدم الذى «صُمِّمَ» لمساعدة موللى على الاستمرار فى الحياة.

هلْ هذا صوابٌ؟

كانتْ هُناكَ احتجاجاتٌ كثيرةٌ ضدَّ طريقةِ ذا لأنَّها تتضمنُ التخلصَ منَ الأجنَّةِ غيرِ المرغوبِ فيها. ويقولُ البعضُ الناسِ إنَّ الجنينَ روحٌ بشريةٌ مقدسةٌ ويجبُ ألا يتم التخلص منه بسببِ إصابتهِ بمرضٍ مَا.

ولدٌ أمْ بنتٌ؟

إلى جانبِ اختبارِ وجودِ الأمراضِ تستطيعُ طريقةُ PGD أنْ تُظهرَ مَا إذَا كانَ الجنينُ ذكرًا أمْ أنثى. مما يعنى أنَّ فى الإمكانِ اختيارَ نوعِ الطفلِ. وقدْ تكونُ هناكَ أسبابٌ صحيةٌ لاختيارِ صبىٍّ أوْ فتاةٍ. وعلى سبيلِ المثالِ يصيبُ مرضُ الهيموميليا (الاستعدادُ للنزفِ) الصبيةَ فقطْ. ويستطيعُ الآباءُ أنْ يتجنبُوا توريثَهُ إذَا أنجبُوا فتياتٍ فقطْ. ولكنَّ العديدَ منَ الأسرِ يفضّلُونَ الصبيةَ لأسبابٍ ثقافيةٍ. فإذَا كانَ بإمكانِهمْ كلِّهمْ أنْ يختارُوا فسوفَ يوجدُ نقصٌ فى الفتياتِ فى العالمِ بأسرهِ.



كثيرًا ما تنجبُ الأسرُ التى تستخدمُ طريقةَ PGD توءمينِ أوْ ثلاثةً بسببِ زرعِ أكثرَ منْ جنينٍ وتُظهرُ هذهِ الصورةُ التلفزيونيةُ زوجًا منَ التوائمِ فى الرحمِ.

وَمَاذا بعدُ؟

قدْ تتيحُ لنَا المعرفةُ الجديدةُ عنِ الجينومِ البشرىِّ (انظرْ صفحةَ 30) أنْ نتعرفَ على جينٍ لكلِّ أنواعِ الصفاتِ مثلِ الهيئةِ والطولِ والذكاءِ. فهلْ يبدأُ الناسُ فى اختيارِ - أوْ حتى فى هندسةِ - الأجنةِ لمنحهمْ هذهِ الصفاتِ؟

ويتوجسُ العديدُ منَ الناسِ منْ أنَّ «تصميمَ» الأطفالِ بهذهِ الطريقةِ خطأٌ أوْ قدْ يسببُ مشاكلَ. وهناكَ المزيدُ حولَ هذَا الموضوعِ فى صفحتىْ 48-49.

الاستنساخُ

يعنى الاستنساخُ إنتاج نُسخٍ من الكائناتِ الحية عنْ طريقِ نسخِ حمضِهِمُ النَّوويّ. لمدةٍ طويلةٍ اقترنَ الاستنساخُ بروايات الخيالِ العلميّ ولكنهُ أصبح الآنَ حقيقةً علميةً.

تتكاثرُ هذه الهيدرا بإنماء برعم (نسخة مصغرة من نفسها) من جانبها وينمو البرعمُ ليصبحَ هيدرا جديدةً ثم ينفصلُ فى نهاية الأمر.

برعم

لدى البرعمِ نفسُ الحمضِ النوويّ الموجودِ فى الأمّ بالضبطِ وهُوَ نوعٌ منَ النسخةِ.

ما المستنسخُ؟

المستنسخُ كائنٌ حيٌ عبارةٌ عنْ نسخةٍ وراثيةٍ طبقَ الأصلِ منْ كائنٍ حيٍ آخرَ. وبعضُ المخلوقاتِ مثلُ الهايدرا يستنسخونَ أنفسَهُمْ بصورةٍ طبيعيةٍ. وتستطيعُ أنْ تستنسخَ نباتًا بأخذِ عقلةٍ منهُ، ومنذُ القدمِ يوجدُ بشرٌ لهمْ نفسُ الحمضِ النوويّ. وهُمُ التوائمُ المتطابقةُ. ولكنَّ الاستنساخَ العلميَّ المتعمدَ لمْ يبدأْ إلا منذُ عهدٍ قريبٍ.

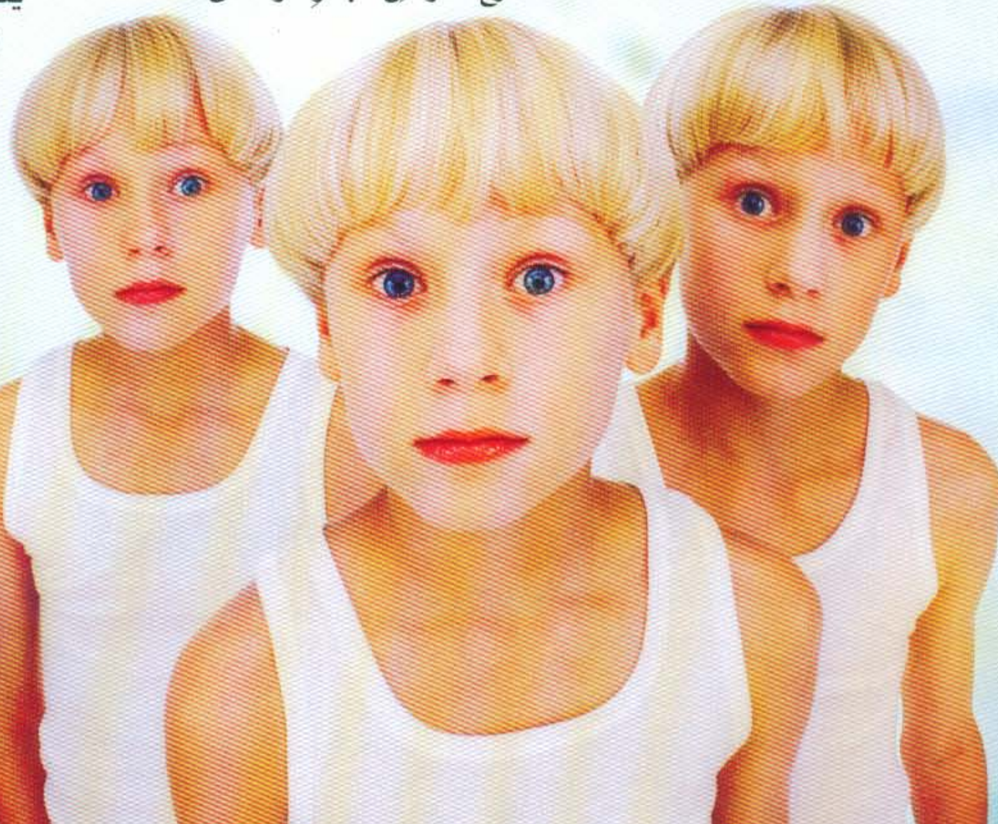
سوف يتشابهُ البشرُ المستنسخون تمامًا لأنَّ لهمْ نفسَ الحمضِ النوويِّ الدنا بالضبطِ.

النعجةُ دُوللى

فى عامِ 1997 أعلنَ علماءُ فى سكوتلندا أنهمْ قدْ انتجُوا نعجةً مستنسخةً أسموها دُوللى. وأثارَ هذا النبأُ ضجةً فى أرجاءِ الدُّنيا؛ لأنَّها كانتْ أوَّلَ مرةٍ يُستنسخُ فيها حيوانٌ ثدييى صحيحُ البدنِ منْ حيوانٍ ثدييى آخرَ بالغٍ. ومنذُ مولدِ دُوللى تمَّ استنساخُ العديدِ منَ الثَّدييات بما فيها الثيرانُ والفئرانُ والأرانبُ وحيوانُ الجور وهُوَ نوعٌ نادرٌ منَ البقرِ الوحشىِّ.

استنساخُ البشرِ

يتفقُ معظمُ العلماءِ على أنَّ الطريقةَ التى اتبعتْ لاستنساخِ دُوللى يمكنُ أنْ تنجحَ معَ البشرِ أيضًا. ويرغبُ البعضُ فِى استنساخِ البشرِ كطريقةٍ لإنجابِ الأطفالِ أو حتى كطريقةٍ لـ «التعويضِ» عنْ طفلٍ متوفَّى. ويرغبُ البعضُ فى تجربتِهَا لمجردِ معرفةِ مَا إذَا كانتْ ستنجحُ. ولكنَّ معظمَ الدولِ قدْ منعتْ الاستنسَاخَ البشريَّ – أى استخدامَ الاستنساخِ لإنتاجِ أطفالٍ منَ البشرِ. ويعتقدُ العديدُ منَ الناسِ أنَّهُ منَ الخطأ أنْ تُنتجَ الحياةُ الجديدةُ اصطناعيًا أو أنْ يُنتجَ طفلٌ لا اختيارَ لهُ فى أنْ يكونَ مستنسخًا.





كيفَ يتمُ عملُ الاستنساخِ؟

تبيّنُ هذهِ الصُّورُ كيفَ يمكنُ استنساخُ بشرٍ. وبدلاً منْ دمجِ الحمضِ النوويِّ لأبويْنِ (انظرْ صفحة 19) يتضمنُ الاستنساخُ نسخَ الحمضِ النوويِّ لشخصٍ واحدٍ فقطْ.

1 يأخذُ العلماءُ خليةً بيضيةً من امرأةٍ وينزعوا حمضَها النوويَّ.

2 ثمَّ يأخذونَ خليةً كاملةً مثلَ خليةٍ منَ الجلدِ منْ جسمِ شخصٍ آخرَ.

3 توضعُ الخليةُ البيضيةُ الفارغةُ بالقربِ منْ خليةِ الجلدِ الكاملةِ ثمَّ تعرضانِ لصدمةٍ كهربائيةٍ ممّا يجعلُهما يندمجانِ معًا.

4 تزرعُ الخليةُ الجديدةُ المحتويةُ على الحمضِ النوويِّ منْ شخصٍ واحدٍ فقطْ في رحمِ امرأةٍ حيثُ تبدأُ في النموِّ.

5 بعدَ ذلكَ بتسعةِ أشهرٍ يولدُ الطفلُ المستنسخُ.

التوائمُ المتطابقةُ عبارةٌ عنْ مستنسخاتٍ طبيعيةٍ. والطفلُ المستنسخُ سوفَ يكونُ مثلَ توءمٍ متطابقٍ للشخصِ الذي استنسخَ منهُ ولكنّهُ أصغرُ سنًّا.

الاستنساخُ منَ الخلايَا الجذعيةِ

الخلايَا الجذعيةُ عبارةٌ عنْ خلايَا موجودةٍ في الأجنةِ يمكنُها أنْ تتحولَ إلى أيِّ نوعٍ منْ خلايَا الجسمِ ويمكنُ استخدامُها لإصلاحِ أيِّ تلفٍ في أعضاءِ الجسمِ، ومنَ الممكنِ الآنَ إنتاجُ خلايَا جذعيةٍ متوائمةٍ معَ الحمضِ النوويِّ لمريضٍ عنْ طريقِ عملِ جنينٍ مستنسخٍ منْ هذَا المريضِ. ويثورُ الجدلُ حولَ ما إذَا كانَ هذا عملاً أخلاقيًّا.

مستقبلُ الاستنساخِ

قدْ يصبحُ الاستنساخُ طريقةً مناسبةً لتكاثرِ حيواناتِ المزارعِ في المستقبلِ. وقدْ يساعدُ العلماءَ أيضًا على إنتاجِ حيواناتٍ متطابقةٍ للأبحاثِ. وعلى الرغمِ منْ كونِ الاستنساخِ البشريِّ غيرَ قانونيٍّ في معظمِ الدُّولِ فإنَّ بعضَ العلماءِ يعملونَ في هذَا المجالِ بالفعلِ. وفي يومٍ منَ الأيامِ قدْ يصبحُ الاستنساخُ طريقةً عاديةً لإنجابِ الأطفالِ.

وُلدتْ «دوللي» النعجةُ المستنسخةُ المشهورةُ عالميًا في عام 1996 وقُدِّمتْ إلى العالمِ في عام 1997.

العيشُ إلَى الأبدِ

إن أكبرَ المعمرينَ المسجَّلينَ منَ البشرِ قدْ عاشوا حتى حوالَىْ 120 سنةً. ويموتُ معظمُ الناسِ قبلَ بلوغِ 100 عامٍ. ولكنْ مَا الذى يجعلُنَا نصبحُ شيوخًا ونموتُ؟ والإجابةُ موجودةٌ على الأقلِّ جزئيًّا فى حمضِنَا النووىِّ. وقدْ بدأَ الناسُ الآنَ أنْ يأملُوا أنَّهُ يمكنُنَا أنْ نعيشَ لأعمارٍ أطولَ بكثيرٍ وحتَّى إلَى الأبدِ عنْ طريقِ عملِ تغييراتٍ فى حمضِنَا النووىِّ.

يبيِّنُ هذا الفحصُ العظْمىُّ عظمةَ ساقِ سيدةٍ مُسنةٍ مصابةٍ بمرضِ هشاشةِ العظامِ. ويحدثُ هذَا المرضُ عندمَا تتوقفُ الخلايَا عنْ صُنعِ بعضِ أنواعِ الهرموناتِ عندمَا يشيخُ الأشخاصُ مما يتسببُ فى ضعفِ العظامِ ويجعلها هشةً. وتُبيِّنُ المناطقُ الضعيفةُ باللونينِ الوردىِّ والأخضرِ.

قنبلةُ الحمضِ النووىِّ الموقوتةُ

بينما نعيشُ حياتَنَا تظلُّ خلايانَا تنقسمُ لإحلالِ الخلايَا القديمةِ الميتةِ. ولكنَّ الخلايَا يمكنُهَا أنْ تنقسمَ مراتٍ معدودةً فقطْ. وكلما تباطأَ الانقسامُ وتوقفَ تقلُّ قدرةُ أجسامِنَا علَى إصلاحِ التلفِ ويزدادُ خطرُ المرضِ. وهكذَا نصبحُ شيوخًا.
وتنتجُ الشيخوخةُ جزئيًّا بسببِ التيلوميراتِ (القسيماتِ الطرفيةِ للكروموسوماتِ). وهىَ أجزاءٌ متكررةٌ منَ الحمضِ النووىِّ تقعُ علَى أطرافِ الكروموسوماتِ. وكلَّما انقسمتْ خليةٌ تبلَى تيلوميراتهَا. وعندمَا تصبحُ قصيرةً جدًّا لا تستطيعُ أنْ تنقسمَ الخليةُ أكثرَ منْ ذلكَ.

TTAGGGTTAGGGTTAGGGTTAGGGTTAGGG

عاملُ الإصْلاحِ

تحتوى بعضُ خلايَا الجسمِ مثلُ الخلايَا النطفيةِ والبيضيةِ (انظرْ صفحةَ 19) والجذعيةِ (انظرْ صفحةَ 41) علَى بروتينٍ يُسمَّى تيلوميراز، الذى يصلحُ التيلوميراتِ بحيثُ لا تصبحُ أقصرَ.

ومنَ الممكنِ أنْ نغيرَ خلايانَا باستخدامِ الهندسةِ الوراثيةِ بحيثُ تُنتجُ جميعُ الخلايَا التيلوميراز، ونظريًّا يمكنُ أنْ يوقفَ ذلكَ خلايانَا عنْ أنْ تبلَى ويبطئَ شيخوخةَ أعضائِنَا.

هلِ الحياةُ إلى الأبدِ فكرةٌ جيدةٌ؟

عبرَ التاريخِ كانَ الناسُ يحلمونَ بالعيشِ إلى الأبدِ ويَروِى بعضُهُمْ لبعضٍ أساطيرَ عنْ هزيمةِ الموتِ. ولكنْ هلِ الحياةُ الأبديةُ فعلاً شيءٌ طيبٌ؟

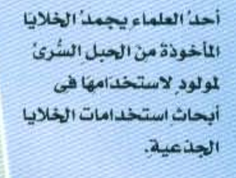
لماذا العيشُ إلى الأبدِ؟

- يرغبُ البعضُ فِى الحياةِ إلى الأبدِ لأنهمْ ببساطةٍ يخافُونَ منَ الموتِ.
- إذا كُنا نستطيعُ أنْ نُبقِى العلماءَ والمخترعِينَ اللامعِينَ أحياءً إلَى الأبدِ فسوفَ يمكنُهمْ أنْ يستمرُّوا فِى المساهمةِ فِى التقدمِ.
- إذا عِشْنا إلى الأبدِ - أو مُددًا أطولَ بكثيرٍ ممَّا نعيشُ الآنَ - فقدْ نهتمُّ ببيئتِنا بصورةٍ أفضلَ لأنَّنا سوفَ نحيَا عندئذٍ مُددًا تكفِى لرؤيةِ نتيجةِ أفعالِنا.

ولِـــمَ لا؟

- تُعانِى العديدُ منَ الدُّولِ بالفعلِ منَ التكدُّسِ ونقصِ الطَّعامِ. فإذا لَمْ يمتِ الناسُ سوفَ تصبحُ هذهِ المشاكلُ أسوأَ وأسوأَ.
- إذا كنتَ خالدًا فلنْ يمكنَكَ أبدًا أنْ تتقاعدَ لأنَّ معاشَكَ سوفَ يستنفدُ. ويجبُ أنْ تعملَ إلى الأبدِ.
- يعتقدُ العديدُ منَ المتدينينَ أنَّهمْ سوفَ يصبحونَ خالدينَ فى عالمٍ آخرَ بعدَ أنْ يتوفَّوا. ولهذا السببِ فليسَ لديهمْ حاجةٌ ولا رغبةٌ فى البقاءِ علَى الأرضِ إلَى الأبدِ.

تبيِّنُ هذهِ الصورةُ مَسحًا لمخِّ مريضٍ يُعانى منْ مرضِ الزهايمر (إلى اليسار) مقارنةً بمخٍّ صحيحٍ. ويتسببُ مرضُ الزهايمر فى إضعافِ وموتِ خلايَا المخِّ عندَ تقدمِ السِّنِّ.



أحدُ العلماءِ يجمدُ الخلايا المأخوذةَ منَ الحبلِ السُّرىِّ لمولودٍ لاستخدامِهَا فى أبحاثِ استخداماتِ الخلايا الجذعيةِ.

قِطَـعُ الغيـارِ

علَى الرغمِ منْ كَوْنِ أبحاثِ التيلوميرات (القسيماتِ الطرفيةِ للكروموسومات) فى أولَى مراحلِهَا إلاَّ أنَّ قليلاً منَ العلماءِ قدْ اقترحُوا أنَّ علمَ الوراثةِ يمكنُ أنْ يساعدَنا فِى آخرِ الأمرِ علَى أنْ نَحيَا حياةً أطولَ بكثيرٍ. وأحدُ الاحتمالاتِ هُوَ أنْ تؤخذَ عينةٌ منْ خلايَاكَ فِى سنٍّ صغيرةٍ جدًّا. فيتمُّ نسخُهَا واستخدامُهَا لصُنعِ خلايَا جذعيةٍ مستنسخةٍ تحتوِى علَى حمضِكَ النووىِّ. ويمكنُ أنْ تُصنعَ منهَا أنسجةٌ جسميةٌ لعملِ أعضاءٍ جديدةٍ لكَ عندمَا تكبرُ.

اختباراتُ الحمضِ النوويِّ

عينةٌ من الحمضِ النوويِّ (السحابةِ البيضاء) تمَّ استخراجها من دمِ إنسان.

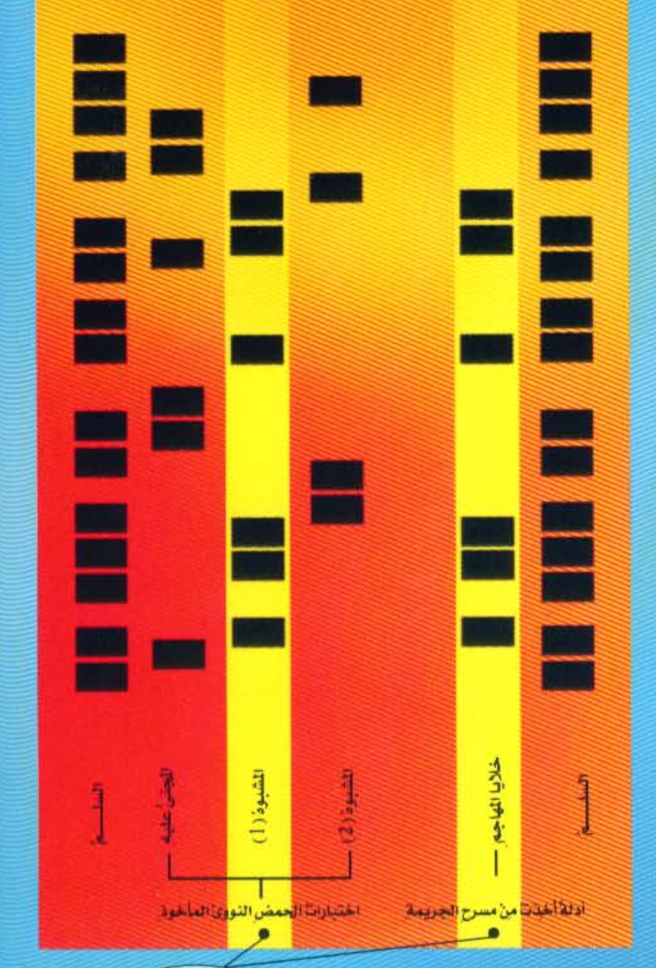
لكلِّ شخصٍ بخلافِ التوائمِ المتطابقةِ نمطٌ فريدٌ من الحمضِ النوويِّ. ولذلك فإنَّ اختبارَ الحمضِ النوويِّ يُعدُّ طريقةً دقيقةً للغايةِ لمعرفةِ هويةِ الأشخاص. ويمكنُ أنْ تُكتشفَ الاختباراتُ الوراثيةُ أيضًا إذا كانتْ هُناك قرابةٌ بينَ الأشخاصِ، وإذا كانَ الأشخاصُ سوف يصابونَ بأمراضٍ معينةٍ، ويمكنُها أيضًا أنْ تكشفَ عنْ عُمْرِ جُثثٍ قديمةٍ.

بصمةُ الحمضِ النوويِّ

يُسمَّى اختبارُ الحمضِ النوويِّ لشخصٍ ما للكشفِ عنْ شخصيتِه «بصمةَ الحمضِ النوويِّ» وتستخدمُ للمضاهاةِ بينَ المشتبهِ فيهمْ والأدلةِ فى قضايا الجرائمِ ويُمكنُها أيضًا أنْ تثبتَ براءةَ الأشخاصِ. وفى الولاياتِ المتحدةِ أُطلقَ سراحُ 10 سجناءَ على الأقلِّ كانُوا على لائحةِ الإعدامِ بعدَ أنْ أثبتتْ اختباراتُ الحمضِ النوويِّ أنهمْ غيرُ مذنبينَ رَغْمَ كلِّ ذلك.

شاهِدْ بنفسِك

النتائجُ المبيَّنةُ إلى اليسارِ نتائجُ اختبارِ الدنا حقيقيةٌ منْ مسرحِ جريمةٍ واقعيٌّ. ويمكنكُ أنْ ترى بنفسِكَ أنَّ الحمضَ النوويَّ للمهاجمِ لا يتطابقُ إلا معَ المشبوهِ الأوَّلِ وتبيِّنُ الصورُ أسفلَهُ كيفَ يُختبرُ الحمضُ النوويُّ.



يتطابقُ هذان الشكلانِ مما يثبت أنَّ المشبوهَ الأولَ والمهاجمَ الذى تركَ الخلايا هما نفسُ الشخصِ.

1

★ يأخذُ المخبرون عيناتٍ منَ الجلدِ أو الدَّمِ أو أىٍّ منَ خلايا الجسمِ الأخرى منْ مسرحِ الجريمةِ ومنَ المشبوهينَ والمجنى عليه.

2

تُنتزعُ شرائطُ طويلةٌ مِنَ الحمضِ النوويِّ من الخلايا ثُمَّ تُقطعُ إلى قطعٍ أصغرَ.

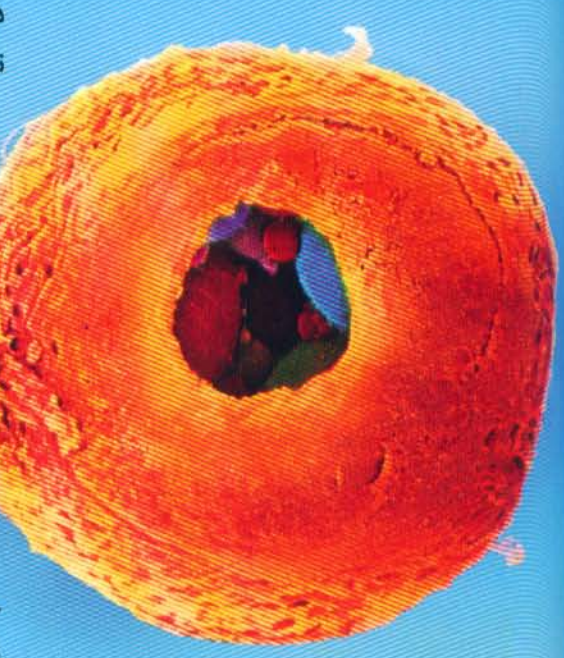
3

تُعالجُ قطعُ الحمضِ النوويِّ بوضعِها فى هلامٍ خاصٍّ. ويُشكِّلُ الحمضُ النوويُّ للأشخاصِ المختلفينَ أنماطًا مختلفةً فى الهلامِ. ثمَّ تنقلُ هذه الأنماطُ إلى قطعةٍ منْ فيلمٍ لكىْ يتمَّ تحليلُها.

4

فى هذه الحالةِ تُظهرُ النتائجُ النهائيةُ أنماطَ الحمضِ النوويِّ للمجنى عليه والمشبوهينَ وبعضَ خلايا الجلدِ التى تركَها المهاجمُ. وخطَّا «السُّلَّم» عبارةٌ عنْ خطينِ ضابطينِ لقياسِ العلاماتِ الأخرى بالنسبةِ لهما.

اختبارٌ للكشفِ عنْ وجودِ أمراضٍ



هذا جنينٌ صغيرٌ جداً (طفلٌ لم يولدْ بعدُ) مكونٌ منْ خلايا قليلةٍ. وقدْ نزعتْ إحدى خلاياه لاختبارِ ما إذا كانتْ لدى الجنينِ جيناتُ أمراضٍ.

يشبهُ اختبارُ الكشفِ عنْ وجودِ جيناتِ الأمراضِ رفعَ بصمةِ الحمضِ النوويِّ ويمكنُ أنْ يكتشفَ ما إذا كانَ يمكنُ لطفلٍ لم يُولَدْ بعدُ أنْ يصابَ بأمراضٍ معينةٍ. ويمكنُ أيضًا اختبارُ البالغينَ لمعرفةِ احتمالِ إصابتِهم بأمراضٍ مثلِ مرضِ القلبِ.

ولكنَّ اختباراتِ الجيناتِ يمكنُ أن تستخدمَ ضدَّكَ أيضًا. فقدْ يخذلُكَ موظفو شركاتِ التأمينِ على الحياةِ إذا علموا أنَّكَ ستمرضُ. ولذا فقدْ أصدرتْ بعضُ الدولِ الآنَ قوانينَ تتيحُ للأشخاصِ أنْ يحتفظوا بسريةِ تفاصيلِ جيناتِهم.

كلُّ شيءٍ في الملفِّ

في أحدِ الأيامِ سوفَ يمكنُ تخزينُ كلِّ تفاصيلِنا الجينيةِ في قواعدِ بياناتٍ ضخمةٍ وسوفَ تستطيعُ الحاسباتُ أن تطابقَ الحمضَ النوويَّ المأخوذَ منْ مسارحِ الجرائمِ مع الجناةِ خلالَ دقائقَ. وسوفَ يتاحُ لباحثي الطبِّ أنْ يدرسوا قاعدةَ بياناتِ جينٍ ما مع المعلوماتِ الطبيةِ لاكتشافِ أيِّ الجيناتِ يتلازمُ مع أيِّ الأمراضِ.

ولكنَّ بعضَ الأشخاصِ يعترضونَ على قواعدِ بياناتِ الحمضِ النوويِّ خوفًا من خطرِ وقوعِ المعلوماتِ في أيدٍ غيرِ أمينةٍ أو أنْ يساءَ استخدامُها.

الحمضُ النوويُّ للأمواتِ

يستخدمُ علماءُ الآثارِ الآنَ اختباراتِ الحمضِ النوويِّ أيضًا. ويعتقدُ العلماءُ أنَّ طفراتِ الحمضِ النوويِّ (انظر صفحة 22) تحدثُ بمعدلٍ منتظمٍ. وبمقارنةِ الحمضِ النوويِّ المأخوذِ منْ جثةٍ محنطةٍ مع عينةٍ منْ يومِنا هذا يمكنُهم حسابُ عمرِ المومياءِ.



وُجدتْ هذه المرأةُ ذاتُ الألفي العامِ في مستنقعٍ للفحمِ العضويِّ في الدنمارك ويحفظُ الفحمُ العضويُّ أنسجةَ الجسمِ ممَّا يسمحُ بأخذِ عيناتٍ منْ بعضِ مومياواتِ المستنقعاتِ.

أحيانًا ما يحتوي الكهرمانُ (عصارةُ شجرةٍ متحجرةٍ) على حيواناتٍ صغيرةٍ قدْ حُبستْ فيه مثلِ هذا العنكبوتِ. ويستطيعُ العلماءُ معرفةَ المزيدِ عنْ حيواناتِ ما قبلَ التاريخِ عنْ طريقِ دراسةِ الحمضِ النوويِّ المأخوذِ منهم.

صوابٌ أَمْ خطأٌ؟

لقدْ أدَّى علمُ الوراثةِ بالفعل إلى العديدِ منَ الابتكاراتِ المفيدةِ. ولكنَّ بعضَ الناسِ يعتقدونَ أنَّ بعضَ الأشياء التى يستطيعُ علماءُ الوراثةِ أنْ يقوموا بهَا وبعضُ الطرق التى يَسْتَخْدمونها، خطأٌ منَ الناحيةِ الأخلاقيةِ.

تمَتْ تربيةُ هذا الجرذِ الخالى من الشَعرِ خصِّيصًا لكى يُسْتَخْدَمَ فى التّجاربِ المعمليةِ. وما كانَ له أنْ يحيا إطلاقًا بخلافِ هذا. هلْ هذا صوابٌ أمْ خطأٌ؟

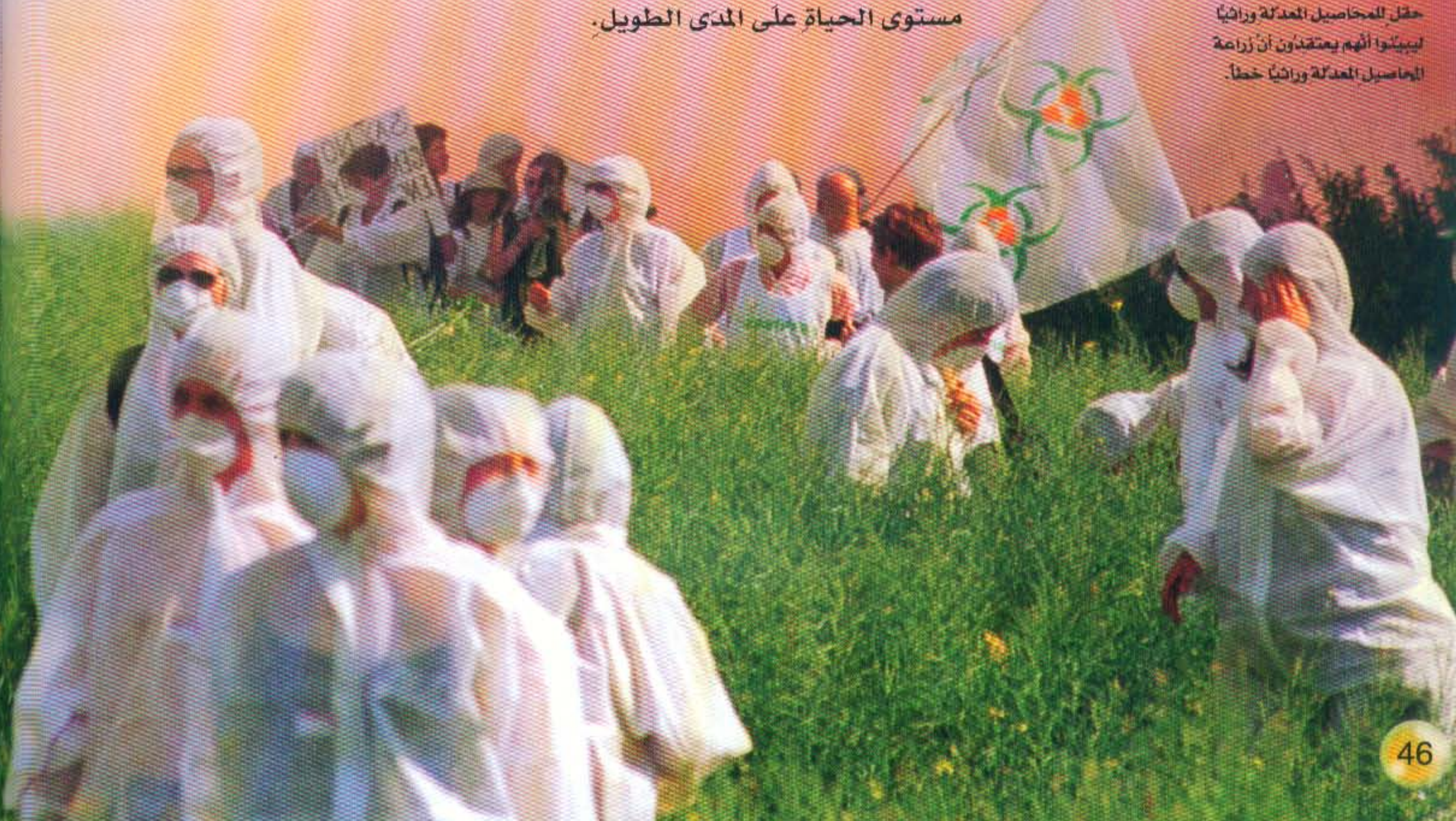
مَا الأخلاقُ؟

الأخلاقُ عبارةٌ عَنْ خطوطٍ إرشاديةٍ للسلوكِ الأمثل الذى يساعدُنا على تحديدِ ما هو صوابٌ وما هو خطأٌ. وتنطبقُ على أمور كثيرةٍ غير علمِ الجيناتِ. وعلى سبيلِ المثال: هلْ منَ الصوابِ مساعدةُ شخصٍ مريضٍ بمرضٍ لا يُرجَى شفاؤه على أن يموت إذا كانتْ هذهِ رغبتَهُ؟ هلْ منَ الصَّوابِ أن تُجرَّبَ الأدويةُ على الحيواناتِ؟ هلْ منَ الصوابِ أنْ يُقتَلَ المجرمونَ؟ ويجْرى جدلٌ أخلاقيٌّ مثلَ ما سبقَ طَوالَ الوقتِ.

الأخلاقُ وعلمُ الوراثةِ

هناكَ كمٌّ هائلٌ منَ الجدلِ الأخلاقىِّ المثارِ حولَ علمِ الوراثةِ. ويعودُ هذا بالدرجةِ الأولى إلى أنهُ يتناولُ الكائناتِ الحيةَ. ويشعرُ العديدُ منَ الأشخاصِ أنَّ خلقَ الحياةِ الجديدةِ مسألةٌ تخصُّ الدينَ وليسَ العلمَ. ويقلقُ البعضُ منْ أنَّ الحيواناتِ- وربَّما البَشرَ- سوفَ يعانونَ إذا تعرضُوا لتجاربَ وراثيةٍ.

ويعتقدُ آخرونَ أنَّ استخدامَ علمِ الوراثةِ صوابٌ أخلاقيًا - على الرغمِ منْ هذهِ الهواجسِ - إذا كانَ سوفَ يُحسِّنُ منْ مستوى الحياةِ على المدَى الطويلِ.



يقومُ هؤلاءِ المحتجون بمهاجمةِ حقلٍ للمحاصيلِ المعدّلةِ وراثيًا ليبيّنوا أنَّهم يعتقدُونَ أنّ زراعةَ المحاصيلِ المعدّلةِ وراثيًا خطأٌ.



أسئلةٌ خطيرةٌ

فيما يلى بعضُ الأسئلةِ الرئيسيةِ فى أخلاقيَّاتِ علمِ الوراثةِ.

- **تغييرُ خلقِ اللهِ**: هلْ منَ الصَّوابِ أنْ نُحدثَ تغييراتٍ فى الكائناتِ الحيَّةِ ويتمَّ إنتاجُ أنواعٍ جديدةٍ منَ المخلوقاتِ؟
- **الاستخداماتُ الشريرةُ**: هلْ ينبغى تحريمُ الهندسةِ الوراثيةِ لئلاَّ ينتهى الأمرُ إلى استخدامها بطرقٍ شريرةٍ أو خطيرةٍ؟
- **الأطفالُ المستنسخونَ**: هلْ يُسْمَحُ بالاستنساخِ البشرىِّ حتَّى يستطيعَ الأزواجُ المحرومونَ منَ الإنجابِ أنْ يُرْزَقوا بالأطفالِ؟ هل استنساخُ الحيواناتِ صائبٌ أخلاقيًّا؟
- **وضعُ تصميمٍ للحياةِ**: هلْ يُسْمَحُ للأبوينِ أنْ يختاروا نوعَ طفلهما؟ وماذا عنِ الصفاتِ الأخرى مثلِ الطُّولِ ولونِ العينينِ والذكاءِ؟
- **حريةُ الوصولِ إلى الحمضِ النوويِّ**: منْ يملكُ تتابعَ سلسلةِ حمضٍ نووىٍّ لإنسانٍ؟ هلْ هوَ العالمُ الذى اكتشفهُ أمِ الشخصُ الذى جاءَ منهُ؟ أمْ هلْ يكونُ ملكًا لنا جميعًا؟
- **القضاءُ على المعاناةِ**: هلْ منَ الصَّوابِ أنْ يستخدمَ علمُ الوراثةِ حتَّى وإنْ تسببَ فى وقوعِ المشاكلِ إذا كانَ يمكنُهُ أنْ يشفىَ الأمراضَ أو أنْ يمنعَ العجزَ أو أنْ يقضىَ علَى المجاعاتِ.
- **اختبارُ الحمضِ النوويِّ**: هلْ ينبغى اختبارُ الأشخاصِ مقدمًا لمعرفةِ ما إذا كانوا معرضينَ لمرضٍ وراثىٍّ؟ وهلْ ينبغى السماحُ لشركاتِ التأمينِ وموظفيها بالاطلاعِ علَى النتائجِ؟

يمكنُ استخدامُ تقنيةِ الاستنساخِ لتنميةِ أعضاءٍ لعملياتِ الزرعِ.

يودُّ كلُّ الآباءِ لو أنَّ أطفالَهم يتمتعونَ بالصحةِ والسَّعادةِ مثلَ هذا الطفلِ. ولكنَّ بعضَ الأشخاصِ يحتجونَ بأنَّ استخدامَ علمِ الوراثةِ لمنعِ الأمراضِ والإعاقةِ قدْ يحرمُنا منَ التنوعِ الجينى ويقوضُ حقَّ البشرِ فى أنْ يكونوا مختلفينَ.

علَى الشبكةِ

يستخدمُ أشخاصٌ عديدونَ - ممَّنْ لديهم مشاعرُ قويَّةٌ حولَ علمِ الوراثةِ مواقعَ علَى الشبكةِ العالميةِ للتعبيرِ عَنْ آرائِهِمْ. تذكَّرْ أنَّهُ كلَّما وجدْتَ موقعًا علَى الإنترنت يتناولُ الجيناتِ والحمضَ النوويَّ فقد يكونُ ما تقرؤهُ مجرَّدَ رأى جانبٍ واحدٍ منْ جدلٍ معقدٍ.

البشرُ المثاليونَ

فِى الوقتِ الحالِى يُنتقَى أطفال «المصممين» فقط لتجنبِ الأمراضِ الوراثيةِ. ولكنْ فِى يومٍ ما قَدْ يختارُ الآباءُ إعطاءَ أطفالهم جيناتٍ للمظهرِ والذكاءِ أيضًا. وقَدْ ينتجُ عنْ ذلكَ جنسٌ بشرىٌ جميلٌ وذكىٌّ منَ الناحيةِ النظريةِ.

تغييرُ أنفسِنا

هناكَ طرقٌ كثيرةٌ لمحاولةِ تحسينِ أنفسِنا. وبعضُ الناسِ يُجرونَ جراحاتٍ تجميليةً لتغييرِ وجوهِهم وأجسامِهم ويستطيعُ معظمُنا تعلُّمَ مهاراتٍ جديدةٍ. ولكنَّ تغييرَ جيناتِنا أخطرُ منْ ذلكَ، خاصة أنَّ أيةَ تغيراتٍ قَدْ تنتقلُ إلَى أبنائنا.

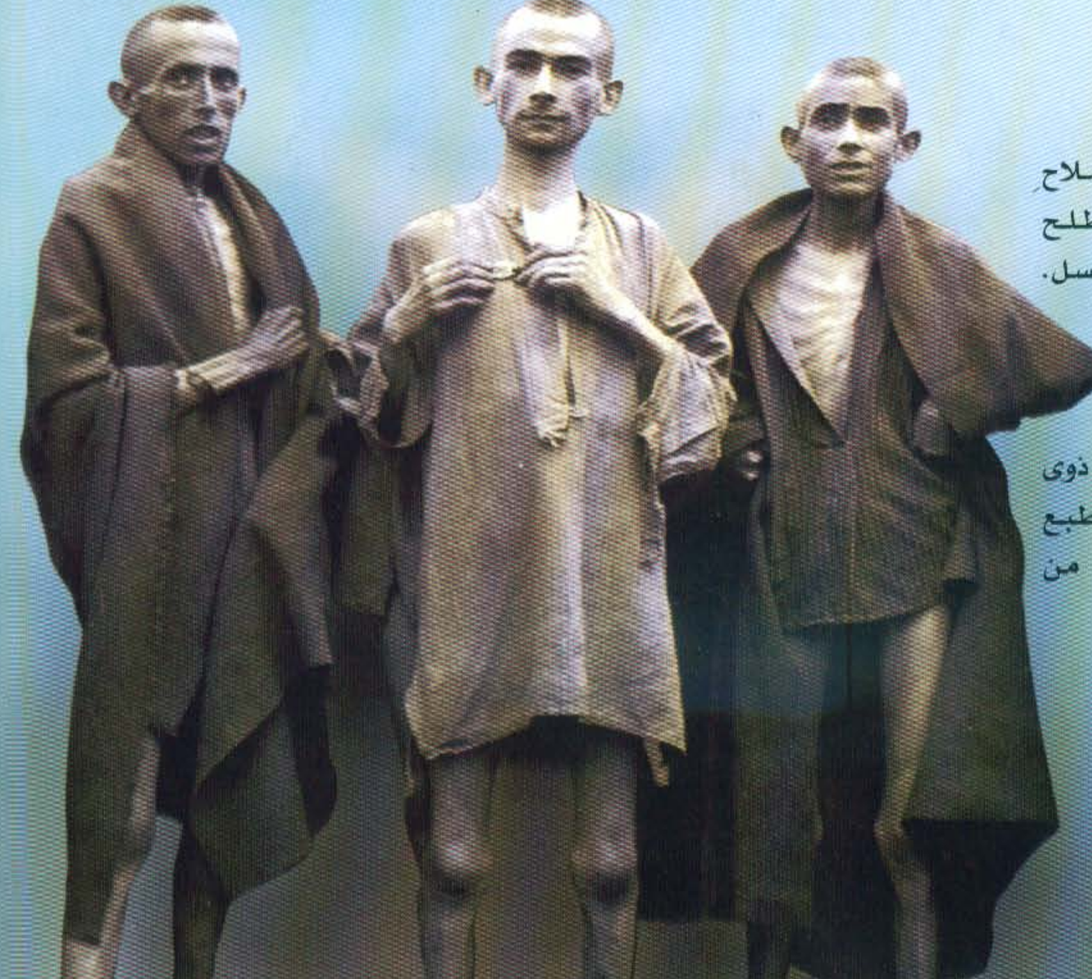
منِ الذى يقررُ؟

إنَّ تحديدَ الصفاتِ «الجيدةِ» و«السيئةِ» مسألةُ رأىٍ. فعلَى سبيلِ المثالِ قدْ تعتقدُ أنهُ منَ الجيدِ أنْ يكونَ المرءُ ذكيًّا ولكنْ قدْ يفضلُ دكتاتورٌ ما أن تكونَ سهلَ القيادِ. وهناكَ خطرٌ منْ أنَّ مَنْ يملكُ مالاً وسلطةً أكثرَ، يستطيعُ أنْ يفرضَ مفهومَه عَنِ المثاليةِ علَى الآخرينَ.

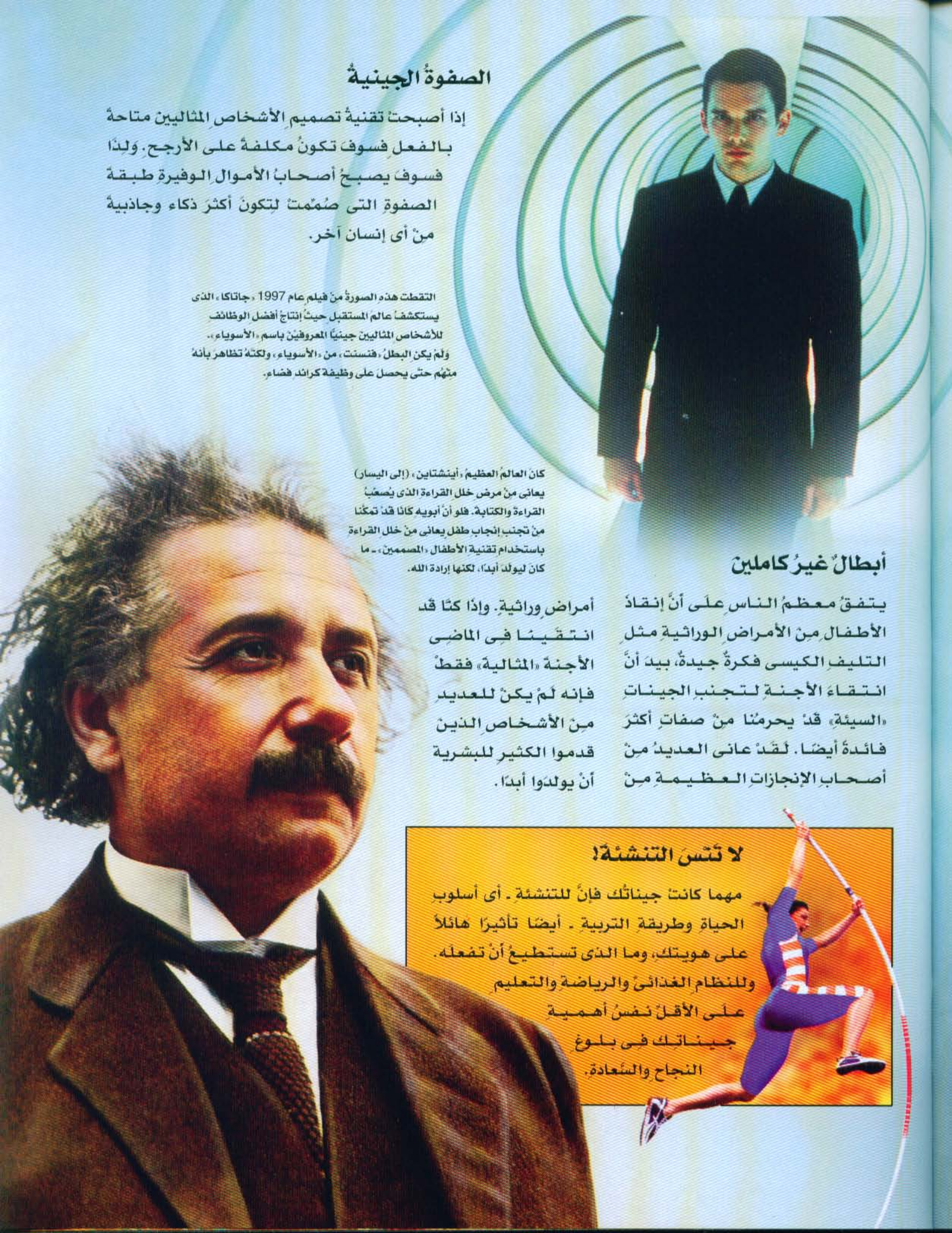
كلَّما ازدادتْ معرفةُ العلماءِ عنِ الجيناتِ أمكنَ للأشخاصِ انتقاءُ صفاتٍ مثلِ لونِ العينينِ والطولِ والذكاءِ لأطفالِهم.

علمُ تحسينِ النسلِ

يطلق على محاولات إصلاحِ جينات الجنس البشرى مصطلح «اليوجينية» أو علم تحسين النسل. وهذا الفكر ليس بالجديد، فقد كان هناك جماعات عنصرية فى الثلاثينيات من القرن العشرين ترفض تمامًا وجود بشر من ذوى البشرة الداكنة أو معاقين، وبالطبع كانوا يطالبون بمنع هذه الفئات من إنجاب أطفال.



كانَ النازيونَ يقتلونَ ضحاياهم فى معسكراتٍ خاصةٍ. وقدْ أُنقِذَ هؤلاءِ الرجالُ منْ أحدِها عام 1945.



الصفوةُ الجينيةُ

إذا أصبحتْ تقنيةُ تصميمِ الأشخاصِ المثاليينَ متاحةً بالفعلِ فسوفَ تكونُ مكلفةً على الأرجحِ. ولِذَا فسوفَ يصبحُ أصحابُ الأموالِ الوفيرةِ طبقةَ الصفوةِ التى صُمِّمتْ لِتكونَ أكثرَ ذكاءً وجاذبيةً مِنْ أى إنسانٍ آخر.

التقطت هذهِ الصورةُ منْ فيلمٍ عام 1997 «جاتاكا» الذى يستكشفُ عالمَ المستقبلِ حيثُ إنتاجُ أفضلِ الوظائفِ للأشخاصِ المثاليينَ جينيًا المعروفينْ باسم «الأسوياء». ولمْ يكنِ البطلُ «فنسنت» من «الأسوياء» ولكنّهُ تظاهرَ بأنهُ منْهُم حتّى يحصلَ على وظيفةٍ كرائدِ فضاء.

أبطالٌ غيرُ كاملين

يتفقُ معظمُ الناسِ علَى أنَّ إنقاذَ الأطفالِ مِنَ الأمراضِ الوراثيةِ مثلِ التليفِ الكيسى فكرةٌ جيدةٌ، بيدَ أنَّ انتقاءَ الأجنةِ لتجنبِ الجيناتِ «السيئة» قدْ يحرمُنا منْ صفاتٍ أكثرَ فائدةً أيضًا. لَقَدْ عانى العديدُ مِنْ أصحابِ الإنجازاتِ العظيمةِ مِنْ أمراضٍ وراثيةٍ. وإذا كنّا قدِ انتقينا فِى الماضِى الأجنةَ «المثالية» فقطْ فإنه لَمْ يكنْ للعديدِ مِنَ الأشخاصِ الذينَ قدموا الكثيرَ للبشرية أنْ يولدُوا أبدًا.

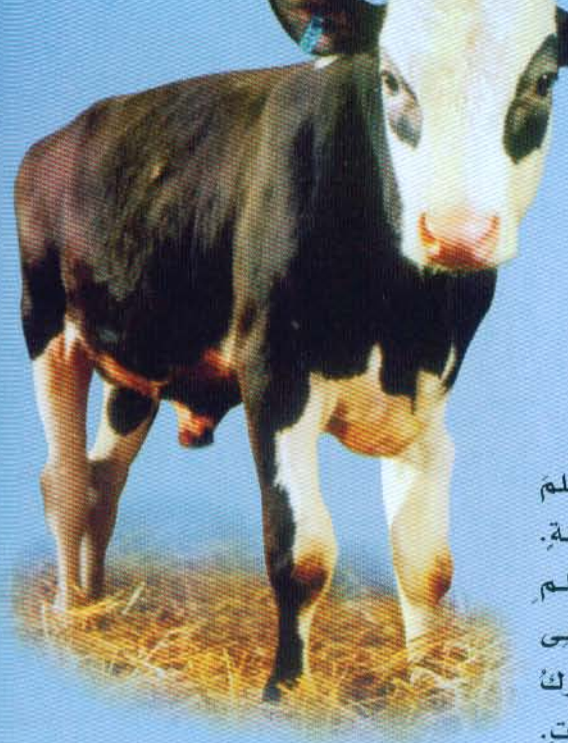
كانَ العالمُ العظيمُ «أينشتاين» (إلى اليسار) يعانِى منْ مرضِ خللِ القراءةِ الذى يُصعّبُ القراءةَ والكتابةَ. فلو أنَّ أبويهِ كانا قدْ تمكّنا منْ تجنبِ إنجابِ طفلٍ يعانِى منْ خللِ القراءةِ باستخدام تقنيةِ الأطفال «المصممينْ» - ما كانَ ليولدَ أبدًا، لكنها إرادة الله.

لا تَنْسَ التنشئةَ!

مهما كانتْ جيناتُك فإنَّ للتنشئةِ - أى أسلوبِ الحياةِ وطريقةِ التربيةِ - أيضًا تأثيرًا هائلاً على هويتكَ، وما الذى تستطيعُ أنْ تفعلَه. وللنظامِ الغذائىِّ والرياضةِ والتعليمِ علَى الأقلِّ نفسُ أهميةِ جيناتِكَ فِى بلوغِ النجاحِ والسّعادةِ.

كسبُ المالِ

لا يقتصرُ علمُ الوراثةِ علَى اكتشافِ الحقائقِ فقط. فمعرفتنا الجديدةُ تؤدّى إلى ابتكاراتٍ جديدةٍ يمكنُ أنْ تباع بحيثُ تحققُ أرباحًا. وقد استثمرتْ مشروعاتٌ كبرى أموالاً طائلةً فى أبحاثِ علمِ الوراثةِ حتى يمكنُهم كسبُ أموالٍ أكثرَ من الابتكاراتِ والاكتشافاتِ التى تتبعُ تلك الأبحاثَ.



يُهندَسُ البقرُ وراثيًا لكى تُصنع أدويةٌ مفيدةٌ من لبنها. يُربى هذا الثورُ المعدلُ وراثيًا لكى ينتج قطيعًا من البقر المهندس وراثيًا.

مَنْ... وكيفَ؟

هناك طرقٌ متنوعةٌ لكسبِ الأرباحِ مِنْ علمِ الوراثةِ. وتقومُ شركاتٌ مثلُ «سيليرا جينومكس» بفكِّ شفرةِ جينومِ النباتِ والحيوانِ وبيعِ النتائجِ. وتنتجُ شركاتٌ مثلُ «مونسانتو ونيكسيا» نباتاتٍ معدَّلةً وراثيًا أو موادَّ جديدةً مثلَ الصُّلبِ الحيوىِّ (المصنوعِ مِنْ حليبِ الماعزِ المعدَّلةِ وراثيًا). وتقومُ شركاتُ الأدويةِ بتصميمِ طرقِ العلاجِ بالجيناتِ والاختباراتِ الجينيةِ التى تبيعُها للمستشفياتِ.

مشروعاتُ الأعمالِ تُعززُ

لقدْ ساعدتْ مشروعاتُ الأعمالِ علمَ الوراثةِ على التقدمِ بسرعةٍ مذهلةٍ. وتُوظِّفُ العديدُ مِنْ شركاتِ علمِ الوراثةِ علماءَ القمةِ للعملِ فِى مشروعاتِها. وبعضُ الشركاتِ يشتركُ مع أقسامِ علمِ الوراثةِ بالجامعاتِ. ويزودونَ علماءَ الجامعاتِ بأموالٍ وفيرةٍ فى مقابلِ أنْ يجروا أبحاثًا تقعُ فى دائرةِ اهتمامِهم.

جيدٌ أم سيىءٌ؟

يُسعدُ بعضَ العلماءِ قبولُ مالٍ مِنْ شركاتِ الأعمالِ. فكثيرًا مَا تفتقرُ الجامعاتُ إلى السيولةِ الماليةِ، وقدْ تكونُ منحةٌ كبيرةٌ مِنْ شركاتِ الأعمالِ الكبرى ضرورةً حيويةً لاستمرارِ العملِ بالقسمِ. خاصةً وأنَّ علمَ الوراثةِ يحتاجُ إلى أجهزةٍ باهظةِ الثمنِ.

ويقولُ علماءُ آخرونَ إنَّ قبولَ المالِ يعنى أنَّهم ليسوا أحرارًا فى القيامِ بأبحاثِهم الخاصّةِ. ويتوجسُ بعضُ الناسِ أيضًا مِنْ أنَّ العلماءَ الذين يعملونَ لحسابِ شركاتِ علمِ الوراثةِ القويةِ قد يختصرونَ الطريقَ ويتخذونَ حلاً وسطًا حيثُ يُضحُّون بالأمانِ لربحِ أموالٍ أكثرَ.



يدُ عالمٍ يرتدى قفازًا وتحملُ نبتةً شديدةَ الصغرِ مهندسةً وراثيًا أثناءَ إجراءِ تجاربَ لإنتاجِ محاصيلَ جديدةٍ معدَّلةٍ وراثيًا. ويمكنُ أنْ تدرَّ المحاصيلُ التى تستطيعُ أنْ تقاومَ البردَ والمرضَ أو التى تُعطى إنتاجًا يفوقُ المعتادَ بكثيرٍ أرباحًا طائلةً على مُنتجيها.



ينتج سرطان حدوة الحصان إحدى مواد الجسم القوية التى تقاوم البكتيريا. وقد بدأت الشركات الآن فى إنتاج وتسجيل براءة اختراع نسخ معدلة وراثيًا من الجين الذى يختص بهذه المادة.

براءةُ اختراعِ الجيناتِ

البراءةُ عبارةٌ عَنْ ترخيصٍ لابتكارٍ مَا. وهِيَ تتيحُ لكَ أنْ تكسبَ المالَ مِنْ فكرتِكَ وأنْ تمنعَ الأشخاصَ الآخرينَ مِنْ تقليدِها. وَقَدْ بدأتْ بَعْضُ الشركاتِ الآنَ فِى تسجيلِ براءةِ تتابعاتِ الجيناتِ التى اكتشفُوها أوِ التى صمَّمُوها.

هذا نموذجٌ معدٌ عن طريقِ الكمبيوتر لبروتين يُطلَقُ عليه اسمُ إريثروبويتين. وَقدْ تمَّ تسجيلُ براءةِ اكتشافِ الجينِ الذى ينتجُه.

وَقَدْ نتجَ عَنْ ذلك جدلٌ عنيفٌ. ويحتجُّ المعارضونَ لبراءةِ الجيناتِ بأنَّ الجيناتِ لَيستِ اختراعَاتٍ ولكنَّها معلوماتٌ نتقاسمُها جميعًا. ويقولُ آخرونَ إنَّ الجيناتِ ملكٌ لِمَنْ جاءَتْ منه.

حمَّى الذَّهبِ الجينيةِ

الآنَ وقدْ أمكنَ تسجيلُ براءةِ الجيناتِ تقومُ العديدُ مِنَ الشركاتِ بـ «التنقيبِ» عَنْ جيناتٍ يمكنُ أنْ تكونَ مفيدةً فى الطبِ أو الصناعةِ. ويأخذونَ آلافَ العيناتِ مِنَ النباتاتِ والحيواناتِ حتى يجدوا أكبرَ عددٍ ممكنٍ مِنَ الجيناتِ ويسجلوا براءةَ اكتشافِهِ.

ويأخذونَ عيناتٍ من البشرِ أيضًا. حتى إنَّ حكومةَ أيسلندا قررتْ أنْ تجمعَ المعلوماتِ الجينيةَ مِنْ كلِّ مواطنيهَا وتخزنُهَا فِى قاعدةِ بياناتٍ يمكنُ أنْ تباعَ إلى شركاتِ علمِ الوراثةِ.

يتحمسُ علماءُ الوراثة لدراسة جينات الأمريكيين الأصليين مثل هاتين الفتاتين من محمية «نافاهو» لمعرفة سبب مقاومة بعض سكان أمريكا الأصليين لأمراض معينة.

صنعُ المسوخِ

تتيحُ لنا الهندسةُ الوراثيةُ الآنَ أنْ ننتج أشكالاً جديدةً للحياةِ، وتتحسنَ التقنيةُ باستمرارٍ. إذنْ هلْ منَ الممكنِ أن يُصنع نوعٌ جديدٌ خطيرٌ مثلُ بكتيريا قاتلةٍ عنْ طريقِ المصادفةِ؟ أو قَدْ تُستخدمُ الهندسةُ الوراثيةُ عنْ عمدٍ لإنتاج أسلحةٍ جديدةٍ مميتةٍ؟

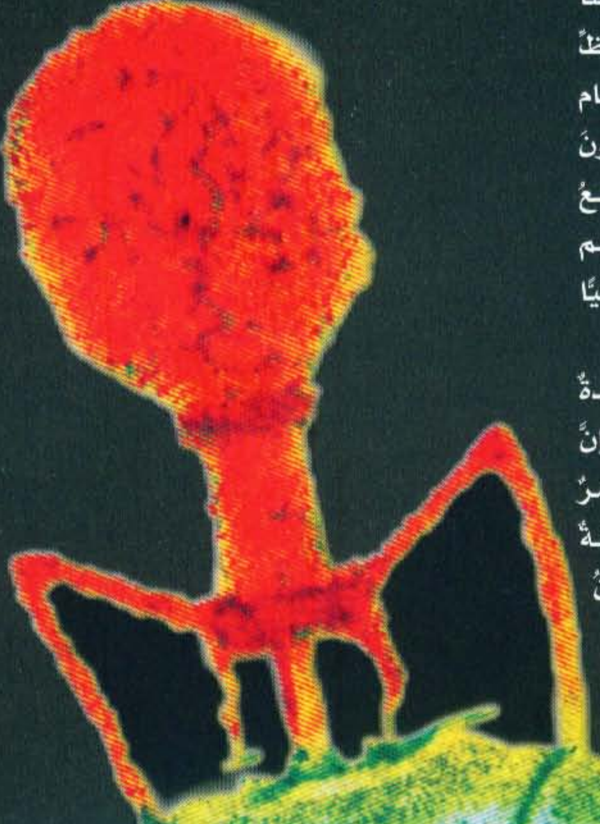


كانَ للكيميرا الأسطورى رأسُ أسدٍ وأفعى بدلاً منَ الذيلِ وجناحينِ على ظهرهِ.

قاتلٌ بالمصادفةِ

لَقَدْ صنعَ العلماءُ بالفعلِ فيروسًا قاتلاً بالمصادفةِ. ولكنَّهُ لحسنِ حظِّ البشرِ لا يقتلُ إلاَّ الفئرانَ. ففى عام 2001 هندسَ الباحثونَ الأستراليونَ فيروسًا كجزءٍ من لقاحٍ يمنعُ الفئرانَ من التوالدِ. ولدهشتِهم البالغةِ قتلَ الفيروسُ المعدَّلُ وراثيًا كلَّ الفئرانِ.

وتصنعُ فيروساتٌ وبكتيريا جديدةٌ معدَّلةٌ وراثيًّا طَوالَ الوقتِ؛ ولذا فإنَّ وقوعَ حادثةٍ تؤثرُ على البَشرِ أمرٌ واردٌ. وإذا هربتْ جرثومةٌ مميتةٌ معدَّلةٌ وراثيًّا منِ المعملِ فَقَدْ تكونُ إعادتُها إلى المعملِ مستحيلةً تقريبًا.



تعمَلُ الفيروساتُ عنْ طريقِ اقتحامِ الخلايا وحقنِها بجيناتِها. ويقومُ الفيروسُ أدناهُ ويُسمَّى «مُلتهِمَ الجراثيمِ» يهاجم خليةَ بكتيريا.

الخوفُ منَ الكيميرا

الكيميرا وحشٌ منَ الأساطيرِ الإغريقيةِ، جزءٌ منهُ أفْعَى وجزءٌ أسدٌ وجزءٌ عنزةٌ. وَقدِ استخدمَ المحتجونَ الكيميرا كرمزٍ لمخاطرِ الهندسةِ الوراثيةِ زاعمينَ أنَّهُ يُمكنُ لعلماءِ غيرِ مسئولينَ أن يصنعوا مخلوقاتٍ جديدةً بشعةً. وَقَدْ تكونُ هذهِ الحيواناتُ خطيرةً أو قَدْ تعانى بسببِ تحضيرِها.

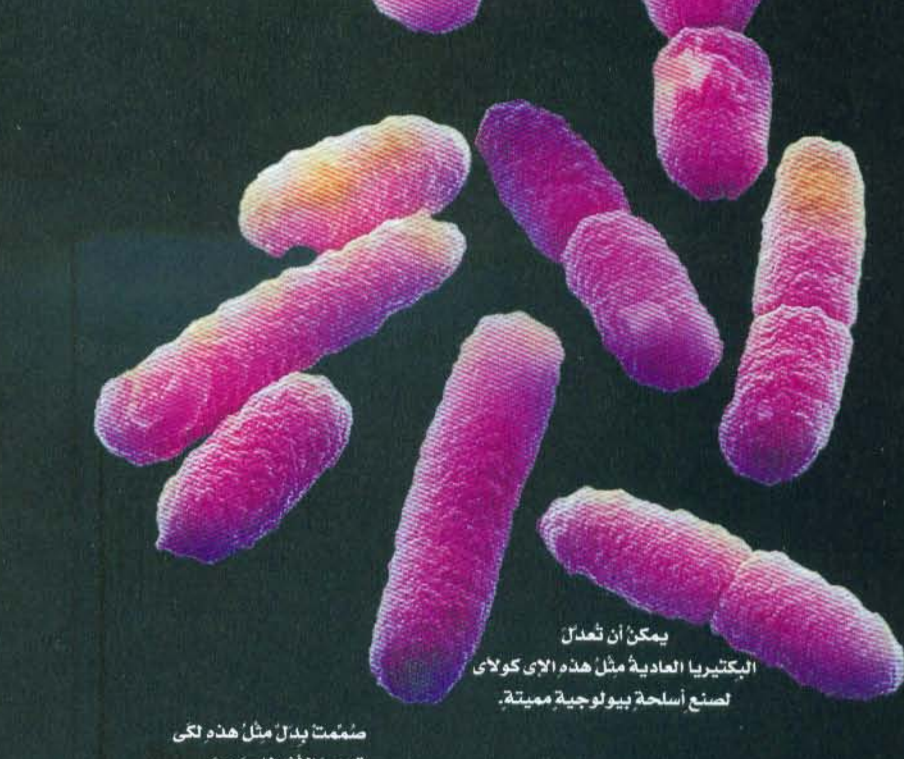
وعادةً ما يقومُ علماءُ الجيناتِ اليومَ بأخذِ نوعٍ موجودٍ وإضافةِ جينٍ واحدٍ منْ نوعٍ آخرَ إليْهِ. ولكنْ كلَّما تقدَّمَ العلْمُ يصبحُ فى الإمكانِ صنْعُ أنواعٍ شبيهةٍ بالكيميرا. ويمكنُ أيضًا الجمعُ بينَ الحمْضِ النووىِّ للبشرِ وللحيواناتِ لصُنعِ أنواعِ نصفِ آدميةٍ.

العلومُ الخطرةُ

منَ الواضحِ أنَّ علمَ الوراثةِ قدْ يُــؤدِّى إلى بــعضِ الحوادثِ الخطيرةِ وقدْ يُستخدمُ للتدميرِ أيضًا إذا كانَ فى أيدى أشرارٍ. ولكنَّ ذلكَ ينطبقُ أيضًا على علومٍ أخرى. ويكادُ كلُّ شىءٍ اخترعه الإنسانُ من العجلةِ إلى الشبكةِ (الإنترنت) - أنْ يكونَ قابلاً للاستخدامِ فى كلٍّ منَ الطريقينِ الخيرِ والشرِّ.



وبما أنَّ كمًا هائلاً منْ تقنيةِ الجيناتِ أصبحَ متاحًا الآنَ فإنَّ معظمَ الخبراءِ يعتقدونَ أنَّه لا يجبُ تحريمُ أبحاثِ الجيناتِ. ويقولونَ إنَّه كبديلٍ عنْ ذلكَ ينبغى علَى الحكوماتِ أنْ تُصدرَ قوانينَ لتنظيمِ الهندسةِ الوراثيةِ معَ وضعِ إرشاداتٍ للأمانِ لكى يتبعَها العلماءُ.



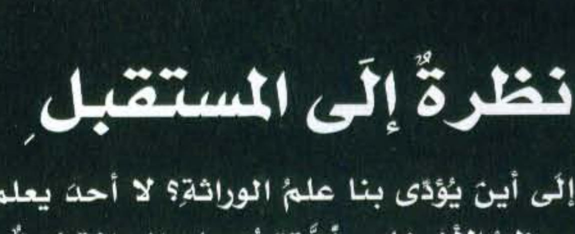
يمكنُ أن تُعدَّلَ البكتيريا العاديةُ مثلُ هذهِ الإى كولاى لصنعِ أسلحةٍ بيولوجيةٍ مميتةٍ.

صُمِّمتْ بدلٌ مثلُ هذهِ لكَى تحمىَ الأشخاصَ منَ الأسلحةِ البيولوجيةِ.

أسلحةٌ بيولوجيةٌ مُعدَّلةٌ وراثيًا

صُمِّمَتِ الأسلحةُ البيولوجيةُ بحيثُ تُؤذِى ضحاياها عنْ طريقِ تسْميمِهِم أوْ جعْلِهِمْ يَمْرضُونَ. وقدْ أُسْتُخدِمَتْ أسلحةٌ مثلُ الغازاتِ الكيميائيَّةِ السامَّةِ علَى مدَى سِنينَ. ولكنَّ تقنيةَ الجيناتِ الجديدةِ تستطيعُ أنْ تجعلَ الأسلحةَ البيولوجيةَ أكثرَ فتكًا عنْ ذى قبلٍ.

وتُجرى العديدُ منَ الدولِ أبحاثًا عَنْ الأسلحةِ المهندسةِ وراثيًّا. ويعتقدُ بعضُ الخبراءِ أنَّ الجراثيمَ المعدلةَ وراثيًّا قدْ تكونُ قدْ أُستخدمَتْ منْ قبلُ كأسلحةٍ.



نظرةٌ إلَى المستقبلِ

إلَى أينَ يُؤَدِّى بنا علمُ الوراثةِ؟ لا أحدَ يعلمُ بالتأكيدِ. ويتفقُ معظمُ الأشخاصِ أنَّ تقدُّمَ علمِ الوراثةِ ثورةٌ علميةٌ هائلةٌ سوفَ تغيرُ حياتَنا إلى الأبدِ. ولكنَّهم لا يستطيعُونَ أنْ يتفقُوا علَى: كيفَ سيتمُّ ذلكَ بالضبطِ. وفيما يلِى القليلُ فقط مِنَ الاحتمالاتِ التى طُرِحَتْ.



انطباعُ أحدِ الفنانينَ عَنِ الأرحامِ الصناعيةِ التى يمكنُ أنْ تُستخدمَ لنموِ الأطفالِ المُسْتنسخينَ.

أنواعٌ جديدةٌ

كلَّما تقدَّمَتِ الهندسةُ الوراثيةُ أمكنَ للعلماءِ إنتاجُ أنواعٍ جديدةٍ بدلاً مِنْ مجردِ تغييرِ الأنواعِ الموجودةِ. وقد يُمكنُهُم أن يكتبُوا جينومًا جديدًا كاملاً علَى الكُمبيوترِ، ثم يضمُّوا تتابعاتِ الحمضِ النوويِّ معًا وينمُّوا النوعَ الجديدَ كمستنسخٍ. وقَدْ تُصبحُ المخلوقاتُ المخترعةُ مِنْ أفلامِ الخيالِ العِلْمِىِّ حقيقةً حيَّةً.

ثقافةُ الاستنساخِ

يمكنُ أنْ يُصبِحَ الاستنساخُ يومًا مَا وسيلةً عاديةً لإنجابِ طفلٍ. فالبعضُ يتنبأُ أن ينمُوَ الأطفالُ المُسْتنسخُونَ من البشرِ داخلَ حيواناتٍ أخرى مثلِ البقرِ أو فِى أرحامٍ صناعيةٍ تعملُ بالكُمبيوترِ، حتى تُتجنَّبَ متاعبُ الحملِ والولادةِ، ويمكنُ أنْ يَصْنعَ مستنسخونَ عديدُونَ مِنْ نفسِ الحمضِ النوويِّ ولذلكَ يمكنُ أنْ يكونَ لبعضِ الأشخاصِ مئاتُ «التوائمِ».

تحميلُ المخِّ

يأملُ بعضُ الأشخاصِ فِى أنْ يساعدَهم الاستنساخُ علَى الحياةِ إلى الأبدِ. وينوونَ عندما يكبرون فِى السنِّ أنْ يستنسخُوا أنفسَهم و«يحملُوا» شخصيتهم فِى جسمِهم الجديدِ ولا تُوجَدُ حاليًا طريقةٌ لعملِ ذلك ولكنَّ هناك أشخاصًا أحياءَ الآنَ يعتقدُونَ أنَّها سوفَ تُخترَعُ فِى الوقتِ المناسبِ لكى يَسْتخدِمُوها.

قدْ يكونُ استنساخُ الحيواناتِ وسيلةً لإنقاذِ الأنواعِ المهددةِ بالانقراضِ مثلِ الخرتيتِ الأبيضِ.

كارثةٌ قادمةٌ!

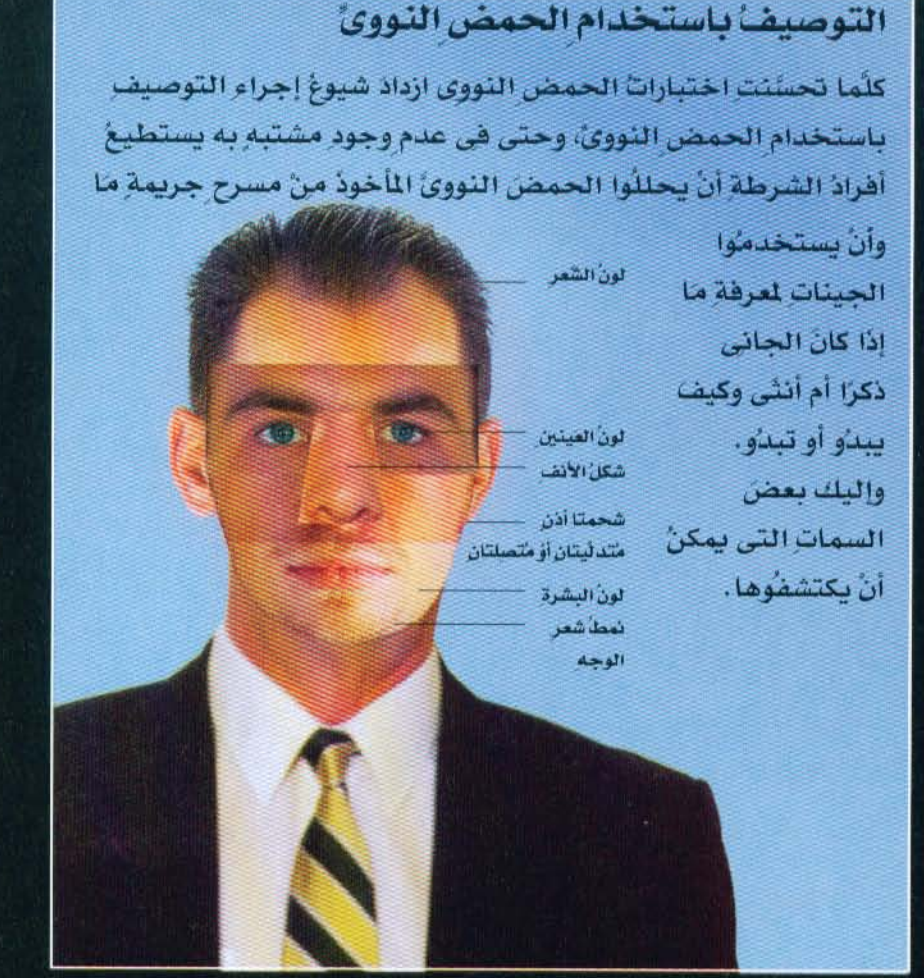
يتنبأُ بعضُ المحتجِّين على الهندسة الوراثيَّةِ أنَّ فِي استطاعةِ علمِ الوراثةِ أنْ يُودِيَ بالحياةِ مِنْ على سطحِ الأرضِ. وقد ينجمُ ذلك عَنْ فيروس أو بكتيريا قاتلةٍ مُهندَسةٍ وراثيًّا. أو قدْ يحدثُ عدمُ اتزانٍ بيولوجي عَنْ طريقِ تعديلِ الحمضِ النوويِّ النباتيِّ والحيوانيِّ، ومِنْ ناحيةٍ أخرى قدْ تجعلُ المحاصيلُ المحسَّنةُ والاختراعاتُ الحديثةُ - التى تنتجُ مِنْ علمِ الوراثةِ - حياةَ ملياراتِ الأشخاصِ فِى أرجاءِ العالمِ أكثرَ سعادةً.



تمَّ إرسالُ معلوماتٍ حولَ الحمضِ النوويِّ إلى الفضاءِ الخارجيِّ كرسالةٍ لأى كائناتٍ ذكيةٍ أخرى قدْ تكونُ موجودةً.

التوصيفُ باستخدامِ الحمضِ النوويِّ

كلَّما تحسَّنَت اختباراتُ الحمضِ النووى ازدادَ شيوعُ إجراءِ التوصيفِ باستخدامِ الحمضِ النوويِّ، وحتى فِى عدمِ وجودِ مشتبهٍ به يستطيعُ أفرادُ الشرطةِ أنْ يحللُوا الحمضَ النوويَّ المأخوذَ مِنْ مسرحِ جريمةٍ ما وأنْ يستخدمُوا الجيناتِ لمعرفةِ ما إذا كانَ الجانى ذكرًا أم أنثى وكيف يبدُو أو تبدُو. وإليك بعضَ السماتِ التى يمكنُ أنْ يكتشفُوها.



وُجِدَ ليبقَى

وعلى ذلك فهلْ يجعلُ علمُ الجيناتِ الأمورَ أفضلَ أمْ أسوأَ على كَوْكَبِنا؟ لَنْ يكشفَ عَنْ ذلك إلا الزمنُ. ولكنّنا نعلمُ شيئًا واحدًا - لقد فاتَ أوانُ إعادةِ الزمنِ إلى الوراءِ. لقدْ تمَّ اختراعُ الاستنساخِ والهندسةِ الوراثيَّةِ والأطعمةِ المعدَّلةِ وراثيًّا والأطفال «المصممين» ولا يمكنُ أنْ نُلغِيَ اختراعَها. وعلى مرِّ الزمنِ فإنَّه مِنَ المُرجَّح أنْ يزدادَ انتشارُها ويقلَّ الجدلُ عنها كثيرًا مقارنةً بما يحدثُ الآنَ. وسوفَ يأتِى مكانَها تطوراتٌ جينيةٌ واختراعاتٌ جديدةٌ تمامًا - أمورٌ ربما لا نستطيعُ حتى أنْ نتخيلَها حاليًا. والأمرُ الوحيدُ الذى نستطيعُ أنْ نتأكدَ منه هُو أنَّه كما كانَ الحالُ عبرَ التاريخِ، هناك تغييراتٌ ضخمةٌ يحملها المستقبل فى طياته.

التسلسلُ الزمنيُّ

يبينُ هذا التسلسل الزمنيُّ الأحداثَ الرئيسية في تاريخِ علمِ الوراثةِ. ويرمزُ الحرفان ق.م. إلى قبلِ الميلادِ وب.م إلى بعدِ الميلادِ. ويرمزُ الحرفُ ح إلى «حوالَيْ».

في القرن السابع عشر كان الناسُ يعتقدُونَ أنَّ الخلايا النطفية تحتوي على بشر شديدي الصغر كما يُبين هذا الرسمُ.

ح 10000 ق.م: بدأت التربيةُ لانتخاب نباتات القمح في المنطقة المحيطة بشرق البحر الأبيض المتوسط.

ح 400 ق.م: قال الطبيب اليونانيُّ أبقراط: إنَّ الصفات تُورَّثُ من الآباء إلى الأبناء في سوائل تُمتزج معًا فتعطى توليفةً منْ صفات الأبوين.

ح 320 ق.م: قال أرسطو: إن الأطفال يحصلونَ على كلِّ صفاتهم منْ أبيهم.

100–1000 ب.م: لاحظ الهندوسُ أن بعض سمات الجسم وبعض الأمراض تُورَّثُ في العائلات.

1100–1600: كشف الأوربيون عنْ نظرية التولُّد التلقائيِّ (غير صائبة) التي قالتْ بأنَّ الكائنات الحية تنمُو منْ مادة غير حية.

1630: أدرك ويليام هارفي أنَّ الأطفالَ ينتجون عندما تتصل بويضةٌ ونطفةٌ معًا (على الرغم منْ أنَّ ذلك لم يكنْ قدْ شوهد بعدُ منْ خلال المجهر).

1665: تعرف روبرت هوك لأول مرة على خلايا في الفلين باستخدام المجهر.

1856–1868: درس الراهبُ النمساويُّ جريجور مندل نباتات البازلاء واكتشف الجينات السائدة والمتنحية (التي سمّاها «عوامل») ولكنَّ أبحاثه أهملت.

1859: نشر تشارلز داروين كتابه «أصل الأنواع عنْ طريق الانتخاب الطبيعي» الذي ناقش فكرة أنَّ الاختلافات الطفيفة (المعروفة الآنَ بالطفرات الجينية) سمحت لأنواع من الكائنات الحية أنْ تتغير عبر الزمن.

1869: استخرج يوهان مايشر الحمضَ النوويَّ منْ خلايا الدم البيضاء على الرغم من عدم معرفة أيِّ شخص بماهية هذا الحمض حتى ذلك الوقت.

1870–1890: شاهد العلماءُ الكروموسومات ورأوا الخلايا وهي تنقسم باستخدام تقنية مجهرية جديدة.

1900: أعاد دي فريز وفون تشير ماك وكورنيز اكتشاف نظريات مندل وأثبتوا أنَّه كانَ على حقٍّ.

1902: بدأ استخدامُ الاصطلاح «جين» لوصف «عوامل» مندل.

1905: اكتشف إدموند ويلسون ونيتي ستيفنز كلٌّ على حدة أنَّ كروموسومتي X وY هما اللذانِ يحددان ما إذا كان شخصٌ ما ذكرًا أو أنثى.

1941: وجد جورج بيدل وإدوارد تاتوم أنَّ كلَّ جينٍ يقومُ بدورِ شفرةٍ لبروتينٍ معين.

1944: اكتشف أوزوالد إيفري وزملاؤه أنَّ الحمضَ النوويَّ يحملُ معلوماتٍ وراثيةً.

1950: وجد أروين شاجاف أنَّ حمضَ يحتوى على كمياتٍ متساويةٍ منَ القواعد الكيميائية الأربع الأدينين والسيتوزين والجوانين والثايمين (كثيرًا ما تُعرفُ بالحروف A, C, G, T).

1952: قامتْ روزاليند فرانكلين بدراسة الحمضِ النوويِّ باستخدام علم بلوريات الأشعةِ السينيةِ واكتشفتْ شكلَه الحلزونيَّ.

1953: اكتشف جيمس واطسون وفرانسيس كريك التركيبَ الجزيئيَّ للحمض النووي.

1956: اكتشف فرانسيس كريك وجورج جاموف كيف تُشفَّرُ القواعدُ الموجودةُ في الحمضِ النوويِّ للبروتينات المختلفة.

1966: اكتشف مارشال نيرمبرج وزملاؤه الطريقة التي تُشفَّرُ بها مجموعات الأحرف الثلاثة في الحمض النوويِّ لأحماض أمينية مختلفة.

1972: عدَّل بول برج الحمضَ النوويَّ عنْ طريق وصل شريطين منَ الحمض النوويِّ معًا.

1973: جمعَ ستانلي كوهين وانى تشانج وهربرت بوير حمضًا نوويًّا منْ نوعين منَ البكتيريا لإنتاج أول كائنٍ حيٍّ معدَّلٍ وراثيًّا.

1975: اكتشف فريد سانجر وعلماءُ آخرون طرقًا لقراءة سلسلة الحمض النووي.

1977: أصبحت شركةُ جيننتيك أولَ منْ صنع البروتينات باستخدام البكتيريا المعدَّلة وراثيًّا.

1981: بدأ العلماءُ في اكتشاف الجينات التي تسبب في أمراضٍ معينةٍ مثل السرطان.

1985: اكتشف كاري ماليس طريقة تفاعل البوليمراز المتسلسل لنسخ كميات كبيرة من الحمض النووي.

1988: أنتج العلماءُ أولَ فئران مهندسة وراثيًّا في المعمل.

1989: اكتشف ليك جفريز طريقة بصمة الحمض النوويِّ لاستخدامها في محاكمات الجرائم.

1990: بدايةُ مشروع الجينوم البشريِّ.

1993: طرح الطماطم المهندسة وراثيًّا بحيث يمكنُ تخزينها مددًا أطول للبيع.

1996: وُلدتْ دوللي أولُ مستنسخٍ منْ حيوان بالغ في مؤسسة روزالين في سكوتلندا.

2001: إتمامُ أول خريطة للجينوم البشريِّ.

2002: أعلن علماءُ متعددون أنهم يعملُون على استنساخ البشر.

أسماءُ الأعلامِ

تردُ فى قائمةِ أسماء الأعلام هذه أسماءُ أهمّ العُلماء والمفكرين والكتاب فى عالم الجينات والحمض النووىّ.

أبقراط (ح460-370ق.م)
طبيبٌ إغريقىٌّ قديمٌ قال إنّ الموادّ الذكرية والأنثوية تتحدُ لإنتاج طفل مؤلف من سمات الأمّ والأب.

إدوارد تاتوم (1909-1975)
كيميائىٌّ أمريكىٌّ اكتشفَ فى أثناء عمله مع جورج بيدل أنّ الجينات عبارةٌ عن شفرات لبروتينات الجسم. وقد تقاسمَ تاتون وبيدل جائزةَ نوبل عام 1958.

أرسطو (384-322ق.م)
عالمٌ إغريقىٌّ قديمٌ ومفكرٌ كتب عن موضوعات عديدة منها الأحياءُ والوراثةُ. وكان يعتقدُ أنّ الأطفالَ يرثون كلّ سماتهم من الأب.

أريك فون تشيرماك (1871-1962)
عالمٌ فى الزراعة أعاد اكتشاف أبحاث جريجور مندل عام 1900.

أوزوالد أفرى (1877-1955)
عالمٌ كندىٌّ تخصص فى دراسة البكتيريا. فى عام 1944 اكتشف مع زملائه معلومات وراثية تُحمل فى الحمض النووىّ.

إيان ويلموت (1944 - ؟)
عالمٌ إنجليزىٌّ أصبح أول شخص يستنسخ حيوانًا ثدييًا من حيوان ثدييٍّ آخر بالغ عندما أنتج النعجة دوللى عام 1996.

بربارة ماكلينتوك (1902-1992)
عالمةُ وراثة أمريكيةٌ اكتشفت الجينات القافزة التى تنتقل فيما بين الصبغيات. وقد فازت بجائزة نوبل لأبحاثها عام 1983.

تشارلز داروين (1809-1882)
عالمٌ طبيعةٍ إنجليزىٌّ قضى حياته فى دراسة الكائنات الحية (بعد أن درس الطبّ وفكر فى أن يصبح قسيسًا). وقد اكتشف نظرية الانتخاب الطبيعىّ التى تقول بأنّ المخلوقات التى تكون أكثر ملاءمة لبيئتها يمكنها أن تحيا أطول وتورثُ صفاتها لنسلها. مما أتاح للأنواع أن تطور أو تتغير عبر الزمن.

جريجور مندل (1822-1884)
راهبٌ وعالمٌ نمساوىٌّ اكتشف الجينات (التى سمّاها «عوامل») فى ستينيات القرن التاسع عشر عن طريق دراسة نباتات البازلاء فى حديقة الدير الذى عاش فيه.

جورج بيدل (1903-1989)
عالمُ وراثة أمريكىٌّ. فى عام 1941 اكتشف بيدل وإدوارد تاتوم أنّ كلّ جين يعمل كشفرة لأحد بروتينات الجسم وقد مُنحا جائزة نوبل فى عام 1958.

جون سرلستون (1942 - ؟)
عالمُ كيمياء حيوية إنجليزىٌّ. كان مديرًا لمركز سانجر حيث تمّ إنجاز الكثير من مشروع الجينوم البشرىّ. وقد فاز بجائزة نوبل عام 2002.

جيمس واطسون (1928 - ؟)
عالمُ أحياء أمريكىٌّ عمل مع فرانسيس كريك على اكتشاف تركيب الحمض النووىّ عام 1953. وقد حاز على جائزة نوبل 1962.

روزاليند فرانكلين (1920-1958)
كيميائيةٌ إنجليزيةٌ اكتشفت طريقةً لتصوير الحمض النووىّ مما ساعد على كشف تركيب هذا الحمض.

ريتشارد دوكنز (1941 - ؟)
عالمُ حيوان إنجليزىٌّ. جلبت كتبه عن الجينات والتطور علم الوراثة إلى دائرة اهتمام الجمهور فى سبعينيات القرن العشرين.

فرانسيس كريك (1916-2004)
عالمُ كيمياء حيوية إنجليزىٌّ اكتشف مع جيمس واطسون التركيب الجزيئىّ للحمض النووىّ عام 1953. وقد منح كريك مع واطسون وموريس ويلكنز جائزة نوبل عام 1962 لأبحاثه عن الحمض النووىّ.

فريد سانجر (1918 - ؟)
كيميائىٌّ إنجليزىٌّ اكتشف طرق دراسة تتابع الحمض النووىّ فى سبعينيات القرن العشرين. وقد فاز بجائزتى نوبل عام 1958 وعام 1980.



واطسون وكريك عام 1953 مع نموذج جزيء الحمض النووىّ الذى وضعاه.

كارل كورينز (1864-1933)
عالمُ نبات ألمانىٌّ أعاد اكتشاف أبحاث جريجور مندل عن الجينات فى 1900 وساعد على إثبات أن مندل كان محقًّا.

كارى ماليس (1944 - ؟)
عالمُ كيمياء حيوية أمريكىٌّ اكتشف طريقة لصنع نسخ كثيرة من الحمض النووى فاز بجائزة نوبل عام 1993.

كريج فينتر (1946 - ؟)
عالمُ وراثة أمريكىٌّ اكتشف طريقة جديدة وسريعة لقراءة تتابعات الجينات فى القرن العشرين. وقد أصبح رئيسًا لشركة سيليرا جينوميكس وهى شركة تقوم بعمل خريطة الجينوم البشرىّ.

موريس ويلكنز (1916 - ؟)
عالمُ فيزياء نيوزيلاندىُّ المولد. وكان يعمل مع روالند فرانكلين وتقاسم جائزة نوبل عام 1962 مع واطسون وكريك لمساهمته فى اكتشاف تركيب الحمض النووى.

نيتى ستيفنز (1861-1912)
عالمةُ أحياء أمريكيةٌ اكتشفت أنّ صبغتى X وY تُحددان ما إذا كان حيوانٌ ما ذكرًا أم أنثى.

هوجو دى فريز (1848-1935)
عالمُ نباتٍ وطبيعةٍ هولندىٌّ قام عام 1900 بكشف النقاب عن أبحاث مندل الهامة السابقة على الجينات. وقد ابتكر دى فريز المصطلح «بانجين» الذى اختصر فيما بعدُ إلى «جين».

المصطلحاتُ

يشرحُ هذا المعجمُ بعضَ الكلماتِ الصعبةِ أو غيرِ المألوفةِ التى قد تكونُ رأيتها فى هذا الكتابِ أو فى كتبٍ أخرى عن الجيناتِ والحمضِ النوويّ.

الإليل: تنوعٌ لأحد الجينات وعلى سبيل المثال قد يكونُ لجينات لون العين إليلٌ أزرق أو إليلٌ بنيٌّ.

إجراءُ تتابع (DNA): إيجادُ تتابع القواعد فى عينة (DNA). ويجرى هذا عادةً عن طريق قطع الحمض النووى إلى قطع صغيرة ثم فصلها بإمرارها خلال هلام مُصمَّم خصيصًا لذلك.

الأحفادُ: أفرادُ الأسرة الذين ينتمُون إلى جيل لاحق مثل الحفيد العاشر.

الأحماضُ الأمينيةُ: الوحدات البنائيةُ الكيميائيةُ العشرُون التى تستخدمُها الكائنات الحيةُ لبناء البروتينات.

الأخلاقيات: خطوطٌ مرشدةٌ يستخدمُها الناس لتحديد ما هو خطأٌ وما هو صوابٌ.

أخلاقيات علم الوراثة: كلمةٌ تُستخدمُ لوصف أخلاقيات علم الوراثة.

الأدينين: أحدُ القواعد الأربع فى الحمض النووى التى تتحدُ فى تتابعاتٍ مختلفةٍ لتصنعَ الجينات.

آر ان ايه (الحمضُ النوويُّ الريبيُّ): مادةٌ كيميائيةٌ تشبهُ الحمضَ النوويَّ تستخدمُها الخلايا لحمل نسخةٍ من الشفرة الجينية من جين إلى ريبوسوم. وتستخدمُ بعضُ الفيروسات حمضَ RNA بدلاً من (DNA) لتخزين شفرتها الجينية.

الاستنساخ: صنعُ نسخةٍ متطابقةٍ من كائنٍ حيٍّ لها نفسُ (DNA) الأصل.

الأسلافُ: أفرادُ الأسرة الذين عاشوا منذُ أمدٍ بعيدٍ مثلُ جدِّك العاشر.

الأسلحةُ البيولوجيةُ: أسلحةٌ صُمِّمت لكى تُؤذىَ أو تقتلَ ضحاياها عن طريق إصابتهم بأمراض.

الأطعمةُ المعدَّلةُ وراثيًا: أطعمةٌ تأتى من محاصيلَ أو حيوانات المزارع التى عُدِّلت (تغيَّرت) جيناتُها.

الأنزيمُ القاص: نوعٌ من البروتينات يوجدُ فى بعض أنواع البكتيريا يمكنُه أن يقطعَ شرائطَ الحمض النووىِّ إلى نصفين عند نقاط معينة.

الأنسولين: بروتينٌ هامٌ يساعدُ الجسمَ على هضم السكَّر.

الانقسامُ الفتيلى: انقسامُ خليةٍ ما إلى خليتين جديدتين متطابقتين لكلٍّ منهما نواةٌ ومجموعةٌ من الجينات خاصةٌ بها.

الأنواع: الاسمُ العلميُّ لنوعٍ من النباتات أو الحيوانات أو أىِّ كائنٍ حيٍّ آخر مثل بكتيريا.

آر إى: (انظر الأنزيمَ القاص).

آى كولاى: نوعٌ شائعٌ جدًا من البكتيريا كثيرًا ما يُستخدمُ فى التجارب الجينية.

البذرةُ العاقر: نوعٌ من البذور مهندَسٌ وراثيًا بحيثُ لا تستطيعُ النباتاتُ التى تنمُو منه أن تنتجَ بذورًا خاصةً بها.

البروتين: مادةٌ كيميائيةٌ تتكونُ من الأحماض الأمينية وتوجدُ بصورةٍ طبيعيةٍ فى أجسام الكائنات الحية.

البكتيريا: كائنٌ حيٌّ شديدُ الصغر تتكاثرُ عن طريق الانقسام إلى اثنتين. وقد يسبِّبُ بعضُ أنواعها الأمراضَ ولكن البعضَ الآخرَ غيرُ ضارٍّ أو حتى مفيدٌ.

البنكرياس: عضوٌ قريبٌ من معدتك يَصنعُ الأنسولين.

بوليمراز RNA: بروتينٌ يُوجدُ بالخلايا. يصنعُ نسخةَ RNA من الجين لإرساله إلى ريبوسوم.

البويضةُ: خليةُ تكاثرٍ أنثويةٌ يمكنُ أن تتحدَ مع خليةٍ نُطفيَّةٍ من ذكرٍ لتنتجَ خليةً يمكنُ أن تنمو لتصبحَ طفلاً.

البيضية: اسمٌ آخرُ للخلية البيضيَّة.

«بى جى دى»: انظر التشخيصَ الجينىَّ السابقَ على الزرع.

الثايمين: أحدُ القواعد الأربع فى الحمض النووىِّ التى تتحدُ فى تتابعاتٍ مختلفةٍ لصنع الجينات.

التحنيط: تغطيةُ جثةٍ بالكيماويات ولفُّها بضماداتٍ لكىْ تُحفظ. وقد صنع قدماءُ المصريين مومياوات (جثثًا محنطةً) بقيت آلافَ السنين.

تسجيلُ براءةِ اكتشافِ الجينات: الحصولُ على براءة (نوعٍ من التراخيص) على جينٍ يقومُ بعملٍ معين. ويمكنُ لأىِّ شخصٍ - يكتشفُ الجينات ويدرُسها - أنْ يسجلَ براءةَ اكتشافها.

تسجيلُ براءةِ الاختراع: رخصةٌ قانونيةٌ تستخدمُ لحماية اختراعٍ أو فكرةٍ من السرقة أو التقليد. ومن الممكن أن تستخرجَ الآن براءةَ اختراعٍ عن جينٍ إذا كنتَ قد أجريتَ دراساتٍ عمَّا يفعله هذا الجين.

التشخيصُ الجينىُّ السابقُ على الزرع: طريقةٌ لاختيار الأجنة ذات الجينات السليمة من بين عددٍ من الأجنة التى نمتْ فى المعمل. ثم زرعُ الأجنة السليمة فى رحم أمَّهاتها لكىْ تنمُو وتصبحَ أطفالاً.

التطورُ: التغيُّرُ التدريجيُّ للكائنات الحية على مرِّ الزمن.

تقنيةُ بصمة (DNA): مقارنةُ عيناتٍ من (DNA) لكشف هوية شخصٍ ما، وعلى سبيل

المثال يمكن مقارنة (DNA) من شعرة تُركت فى مسرح جريمة ما بحمض (DNA) الخاص بالمشتبه بهم.

التعديل الوراثى: وهى كلمة أخرى بمعنى هندسة وراثية. وكثيرا ما تستخدم صيغة مختصرة لها احد لوصف المحاصيل وحيوانات المزارع المهندسة وراثيًا.

التنشئة: اسم يعنى التربية والبيئة وأسلوب الحياة التى تساعد على أن تصبح من أنت. وكثيرا ما يجرى تقابل بين التنشئة و«الطبيعة» التى تعنى الأمور التى تخصّك وتحددها جيناتك.

التنقيب عن الجينات: أخذ عينات من البشر أو من أى كائنات حية لكى تكتشف جينات جديدة لتسجيل براءة اكتشافها.

التيلوميراز: بروتين يوجد فى بعض أنواع الخلايا يمكنه أن يصلح تيلوميرات الكروموسومات.

التيلوميرات: تتابع متكرر للقواعد على أطراف الصبغيات. وفى كل مرة تنقسم فيها الخلية تبلى تيلوميراتها حتى تتوقف أخيرا عن الانقسام.

التربية للانتخاب: القيام بتربية النباتات والحيوانات التى تتصف بأفضل الصفات فقط. ويقوم المزارعون والمربّون بذلك لتغيير نوعيات المحاصيل والحيوانات مثل البقر والخيول والقمح عبر الزمن لجعلها أكثر إنتاجا وفائدة للبشر.

الجُزىء: أصغر جسيم يمكن أن يُوجد لمادة ما. وتتكون الجزيئات (مثل جزىء (DNA)) من ذرات (وحدات دقيقة) من عناصر مختلفة متحدة معًا.

الجنين: بويضة ملقحة فى المراحل الأولى لنموها حتى تصبح طفلاً.

الجوانين: أحد القواعد الأربع فى الحمض النووى التى تتحد بتتابعات مختلفة لصنع الجينات.

الجيل: «مستوى» مفرد أو خطوة فى تاريخ نوع ما. وعلى سبيل المثال ينتمى أبواك إلى جيل بينما تنتمى أنت وإخوتك وأخواتك إلى الجيل التالى.

الجين: قسم من الحمض النووى ترتّب فيه القواعد حسب تتابع معين يلعب دور الشفرة لبروتين ما أو لمادة معينة من مواد الجسم.

الجين السائد: الجين الأقوى فى زوج من الإليلات. ويلغى الجين السائد دائما الجين المتنحى الأضعف.

الجينى: ما له علاقة بالجينات.

الجين المتنحى: الجين الأضعف فى زوج من الإليلات ويلغى الجين السائد التعليمات التى يحملها الجين المتنحى.

الجينوم: المجموعة الكاملة لجينات نوع معيّن. وعلى سبيل المثال فإن الجينوم البشرى هو المجموعة الكاملة لكل الجينات التى يتطلبها صنع بشر.

الحبل السُّرى: أنبوبة تصل ما بين الطفل الذى ينمو فى الرحم وجسم أمّه.

الحبيبات الخيطية (مفردها حبيبة خيطية): وحدات الطاقة داخل الخلية. وتقوم بدمج الطعام مع الأكسجين لتوفير الطاقة اللازمة لأنشطة الخلية.

الحلزون: شكل لولبى ذو ثلاثة أبعاد.

الحلزون المزدوج: شكل يصنعه لولبان ذوا ثلاثة أبعاد يلتويان الواحد حول الآخر. وتتخذ شرائط الحمض النووى شكل الحلزون المزدوج.

الحامض أو الحمض: نوع من الكيماويات وحمض (DNA) والخل وعصير الليمون كلها أنواع من الأحماض الضعيفة.

الحمض النووى «الخامل»: تتابعات متكررة طويلة عشوائية المظهر من الحمض النووى توجد فيما بين الجينات.

الحمض النووى الريبى المنقوص الأكسجين: الاسم العلمى الكامل للحمض النووى.

الحمض النووى للحبيبات الخيطية: كمية قليلة إضافية من حمض (DNA) مختزنة فى الحبيبات الخيطية وليس فى نواة الخلية.

الحمض النووى المعاد تجميعه: حمض نووى يحتوى على مزيج من الجينات من كائنين أو أكثر.

الخالد: دائم أو لديه القدرة على أن يَحيا إلى الأبد.

خلايا التناسل (التكاثر): خلايا مثل البويضات والنطف (المنى) واللقاح التى تستخدم لإنتاج الأطفال أو أى نسل آخر عندما تتناسل الكائنات الحيّة.

الخلايا الجذعية: خلايا يمكنها أن تنمو لتصبح أى نوع من خلايا الجسم.

الخلية: أصغر وحدة لكائن حىّ. وتتكون معظم الكائنات الحية من خلايا عديدة.

دى إن إيه (الحمض النووى الريبى المنقوص الأكسجين): المادة الكيميائية الموجودة فى أنوية الخلايا التى تكوّن الجينات والصبغيات.

الريبوسوم: جزء من الخلية يقرأ التعليمات الصادرة من الجينات ويستخدمها لتصنيع بروتينات جديدة.

زراعة الأدوية: تربية محاصيل أو حيوانات معدّلة وراثيًا لإنتاج أدوية مفيدة. وتأتى الكلمة من الدمج بين الزراعة (Farming) وكلمة (Pharmacealicals) التى تعنى أدوية.

السكر (مرض): مرض لا يستطيع جسم المصاب به أن يصنع ما يكفى من بروتين هام يسمّى أنسولين.

السيتوبلازم: مادة مائية أو هلامية تكوّن معظم باطن الخلية.

السيتوزين: أحد القواعد الأربع فى الحمض النووى التى تتحد فى تتابعات مختلفة لصنع الجينات.

سيولة الدم (مرض): مرض وراثى وفيه يكون الجين المنوط بصنع البروتينات التى تساعد على تجلّط الدم معيبًا.

شبكات البلازما الداخلية: قنوات ضيقة تساعد على نقل المواد والجزيئات المختلفة فى أرجاء الخلية.

الشرعى: له علاقة بالمحاكم. والعلم الشرعى يعنى استخدام الأساليب العلمية مثل اختبارات (DNA) لفحص أدلة الجريمة.

الصفة الوراثية: سمة أو صفة مثل العيون الزُّرق أو الطُّول تنقل من جيل إلى الجيل الذى يليه من خلال الجينات.

الطفرة: (انظر الطفرة الجينية).

الطفل المصمم: طفل نما من جنين اختير خصيصا من أجل جيناته الصحيحة.

الطفرة الجينية: نوع من الأخطاء التى يمكن أن تحدث عندما ينسخ جين من خلية إلى أخرى.

عالم الآثار: عالم يدرس المبانى القديمة وبقايا البشر لاكتشاف معلومات عن الماضى.

عالمُ الأحياء: عالمٌ يدرسُ الكائناتِ الحيةِ.

عالمُ الوراثة: عالمٌ يدرسُ الجيناتِ والحمضَ النوويَّ.

عسْر القراءة: حالةٌ مرضيةٌ يمكنُ أن تُصعِّبَ القراءةَ والكتابةَ والتهجِّي.

العضيات: «الأعضاء» الصغيرةُ مثلَ الريبوسوماتِ والليسوسوماتِ والحبيباتِ الخيطيةِ التي تؤدِّي وظائفَ مختلفةً داخلَ الخليةِ.

علاجُ السلالة: إحداثُ تغييراتٍ لخلايا التناسلِ مثلِ الخلايا النطفيةِ والبيضيةِ لكي تمنعَ توريثَ الأمراضِ الوراثيةِ من جيلٍ إلى الجيلِ الذي يليه.

العلاجُ بالجينات: معالجةُ الأمراضِ الوراثيةِ عن طريقِ إعطاءِ المرضى جيناتٍ سليمةً بدلاً من تلك التي لا تعملُ كما ينبغي.

علمُ الوراثة: علمُ الجيناتِ والحمضِ النوويِّ.

علمُ تحسين النسل: علمُ محاولةِ تحسينِ قطاعٍ من البشرِ عن طريقِ محاولةِ التحكمِ في نوعيةِ الجيناتِ التي سوف تنتقلُ إلى الأجيالِ القادمةِ.

عملُ خريطةِ الجينوم: إجراءُ التتابعِ الكاملِ للقواعدِ في جينومٍ بأكمله.

غشاءُ الخلية: الجلدُ الذي يحيطُ بالخليةِ لحمايتها.

الفيروس: شريطٌ من الحمضِ النوويِّ (DNA) أو (RNA) في «سترة» واقيةٍ من البروتيناتِ. وتستطيعُ الفيروساتُ أن تغزوَ الخلايا وتستخدمَها في صنعِ المزيدِ من الفيروساتِ.

القاعدة: نوعٌ من الكيماوياتِ ويحتوي الحمضُ النوويُّ على أربعِ قواعدَ مختلفةٍ تتحدُ في أنماطٍ مختلفةٍ لتصنعَ الشفرةَ الوراثيةَ.

القذائفُ الحيوية: إحدى وسائلِ تكوينِ (DNA) من نوعين عن طريقِ إطلاقِ كراتٍ فلزيةٍ مجهريةٍ مغطاةٍ لحمض (DNA) على خلايا حيةٍ. وتدخلُ بعضُ الكراتِ في نوايا الخلايا وتضعُ الحمضَ النوويَّ الجديدَ فيها.

القواعدُ المتزاوجة: مجموعةٌ من قاعدتين متصلتين كجزءٍ من تركيبِ الحمضِ النوويِّ. ويصنعُ كل «درجة» واحدة في جزيء (DNA) الذي يتخذُ شكلَ السلّمِ الحلزونيِّ.

الكاتب: مادةٌ كيميائيةٌ تلحقُ نفسَها بالحمضِ النوويِّ لكي توقفَ جينًا ما عن العملِ عندما لا تكونُ هناك حاجةٌ له.

الكراتين: بروتينٌ يوجدُ في الجلدِ والشعرِ والأظافرِ.

الكروموسوم (الصبغية): شريطٌ من الحمضِ النوويِّ داخلَ نواةِ الخليةِ ولدى معظمِ الكائناتِ الحيةِ عددٌ من الكروموسوماتِ في كلِّ خليةٍ تحتوي معًا على مجموعةٍ كاملةٍ من الجيناتِ لهذا الكائنِ.

الكروموسوم X: واحدةٌ من كروموسومين يحددان جنسَ شخصٍ ما.

الكروموسوم Y: نوعٌ من الكروموسوماتِ التي ينقلُها الأبُ لينتجَ طفلاً ذكرًا.

الكيميرا: مخلوقٌ من الأساطيرِ الإغريقيةِ له رأسُ أسدٍ وجناحان وذيلٌ أفعَى. ويمكنُ أن تُستخدمَ كلمةُ «كيميرا» أيضًا لتعني أيَّ دمجٍ غيرِ طبيعيٍّ بين أنواعٍ مختلفةٍ.

لايسوسوم (جسيم حال): ذلك الجزءُ من الخليةِ الذي يعملُ على تكسيرِ البروتيناتِ القديمةِ وإعادةِ استخدامِها.

اللقاح: غبارٌ أصفرُ ناعمٌ تطلقُه النباتاتُ. وحبوبُ اللقاحِ هي خلايا التكاثرِ الذكريةِ لدى النباتاتِ.

ليجاز: بروتينٌ يُستخدمُ في الهندسةِ الوراثيةِ للمساعدةِ على وصلِ قطعِ الحمضِ النوويِّ معًا.

المرضُ الوراثيُّ: مرضٌ ينتجُ كليًا أو جزئيًا بسببِ غيابِ بعضِ الجيناتِ أو بسببِ جيناتٍ لا تعملُ كما ينبغي.

المركبُ الجولجي: وحدةُ تخزينٍ داخلَ الخليةِ. ويستطيعُ مركبُ جولجي أن يخزِّنَ البروتيناتِ الزائدةَ عن الحاجةِ وإرسالَها حيثُ تكونُ هناك حاجةٌ إليها.

المستنسخ: كائنٌ حيٌّ عبارةٌ عن نسخةٍ طبقَ الأصلِ من كائنٍ حيٍّ آخرَ.

الناقل: أداةٌ تستخدمُ في الهندسةِ الوراثيةِ لنقلِ حمضِ (DNA) من كائنٍ إلى آخر - عادةً ما يكونُ فيروسًا أو بكتيريا.

النشاطُ الإشعاعيُّ: نوعٌ من الطاقةِ التي تطلقُها بعضُ المواد. وقد تتسبَّبُ في الطفراتِ الجينيةِ التي يمكنُ أن تؤدِّيَ إلى بعضِ الأمراضِ مثلِ السرطانِ.

النطفة: خليةُ تناسلٍ ذكريةٌ. وفي البشرِ يمكنُ أن تتحدَ نطفةٌ بخليةٍ بيضيةٍ ليصنعا خليةً كاملةً يمكنُ أن تنموَ لتصبحَ طفلاً.

النواةُ (الجمع: أنوية): جزءُ الخليةِ الذي يحتوي على الصبغياتِ والجيناتِ. وتستخدمُ أجزاءُ الخليةِ الأخرى تعليماتٍ من الجيناتِ لتؤدِّيَ أعمالَها. وهناك أنواعٌ قليلةٌ من الخلايا مثلُ البكتيريا وخلايا الدمِ الحمراءِ التي ليس لديها نواةٌ خاصةٌ بها.

الهندسةُ الوراثية: إحداثُ تغيراتٍ في جيناتٍ أو (DNA) نوعٍ معينٍ لحملِه على النموِّ والحياةِ بشكلٍ مختلفٍ.

يتكاثر (يتناسل): عندما يتناسلُ كائنٌ حيٌّ فإنَّه ينتجُ المزيدَ من الكائناتِ الحيةِ من نفسِ النوعِ.

يُلقِّح (يخصِّب): يجعلُ كائنًا ما على استعدادٍ للنموِّ. وتصبحُ الخليةُ البيضيةُ ملقحةً عندما تندمجُ مع خليةٍ نطفيةٍ منتجةً خليةً جديدةً يمكنُ أن تنموَ لتصبحَ طفلاً.

يُضاعف: يصنعُ نسخةً وكثيرًا ما يستخدمُ هذا اللفظُ ليصفَ الطريقةَ التي يكررُ بها الفيروسُ نفسَه عن طريقِ غزوِ الخلايا واستخدامِها ليصنعَ نسخًا من نفسِه.

حقائقُ وأرقامٌ

تحتوى هذه الصفحةُ على حقائقَ وأرقامٍ تظهرُ فى لمحةٍ خاطفةٍ وتتناولُ الخلايا و(الكروموسومات) والجيناتِ والحمضَ النووىَّ.

الخلايـا

- لدى الإنسان العادى ما بين 50 تريليونا (50000000000000) و100 تريليون (100000000000000) خلية من خلايا الجسم فى أىِّ وقتٍ بذاته. وفى كلِّ يوم يموتُ أكثرُ من بليونىْ (2000000000) خلية ويجبُ إحلالُ محلِّها.
- يبلغ عرضُ الخلية البشرية النموذجية حوالىْ 10 ميكرونات - أى 100/1 من المليمتر أو 2500/1 من البوصة.
- أكبرُ الخلايا البشرية هى الخلايا البيضيَّة التى تنمو لتصبح أطفالاً ولا توجدُ إلاَّ فى الإناث. ويبلغ عرضُها 100 ميكرون - أى إنَّ حجمها يكفى بالكاد لكى تُرى بدون مجهر.
- أطولُ الخلايا البشرية هى الخلايا العصبيةُ التى توصِّلُ الرسائلَ من أطرافك إلى حبلك الشوكىِّ. وهى رقيقةٌ جدًا ولكن طولها قد يصلُ إلى متر واحد (أكثر من 3 أقدام).
- لدى كلِّ خلايا جسمك تقريبًا نواةٌ تحتوى على مجموعة كاملة من جيناتك. وعندما تنقسمُ الخلايا لتنتج خلايا جديدة تُنسخُ الجيناتُ فى الخلايا الجديدة.

الكروموسومات

- لدى البشر 46 صبغية داخل نواة معظم خلاياها. والصبغياتُ عبارةٌ عن جزيئات طويلة رقيقة من المادة الكيميائية (DNA).
- تحصلُ على 23 من صبغياتك من والدتك و23 من والدك.
- لدى خلايا التكاثر (الخلايا المنوية والبيضية) 23 صبغية فقط لكلٍّ منهما، ويمكنُ أن يتحدا معًا لصنع خلية كاملة يمكنُ أن تصبح طفلاً.
- تحتوى الصبغيةُ العاديةُ على حوالىْ 1300 جين.

حمضُ (DNA):

- ترمزُ الأحرفُ (DNA) للحمض النووىِّ الريبىِّ المنقوص الأكسجين. وهو جزىءٌ طويلٌ ودقيقٌ يتكونُ من سلسلةٍ من جزيئات أصغر مرتبةٍ على هيئة حلزونٍ مزدوجٍ ويبدو مثل سلَّم حلزونىّ.
- يحتوى الحمضُ النووىُّ على القواعد الأربع أدينين وسيتوزين وجوانين وثايمين، التى ترتبُ على هيئة أزواج (أدينين - ثايمين وجوانين - سيتوزين) المعروفة باسم القواعد المتزاوجة.
- لدى الجينوم البشرى الكامل حوالىْ 3,2 بليون (مليار) من القواعد المتزاوجة.
- تحتوى صبغياتُ الخلية الواحدة على وجه الإجمال على حوالىْ مترين (6 أقدام) من الدنا ولو أنه يلتفُّ حتى يلائمَ مكانه فى النواة.
- إذا مدَّ كلُّ حمض (DNA) موجود فى جسم الإنسان ووصل معًا فسوف يبلغ طوله 200 بليون كيلومتر (120 مليون ميل).
- ما بين 3% و5% من حمضنا النووىِّ يتكونُ من جينات عاملة. والباقى عبارةٌ عن (DNA) «خامل» - وهو يبدو على هيئة أنماط عشوائية متكررة لا يفهمها العلماء تمامًا حتى الآن.
- وبالإضافة للحمض النووىِّ داخلَ النواة يوجد لدى الخلايا بعض حمض (DNA) فى الحبيبات الخيطية (وحدات طاقة الخلية) ويسمى (DNA) الحبيبات الخيطية ولا ينقل إلى الذرية عن طريق الأبوين بل عن طريق الأم فقط.
- تستخدمُ جميعُ أنواع الكائنات الحية الدنا لنقل المعلومات الجينية.
- تستخدمُ بعض الفيروسات مادةً كيميائية مختلفة اختلافًا طفيفًا تسمى RNA لنقل معلوماتها الجينية. (يختلف العلماء فيما إذا كانت الفيروساتُ تحسبُ على أنها كائناتٌ حيةٌ).

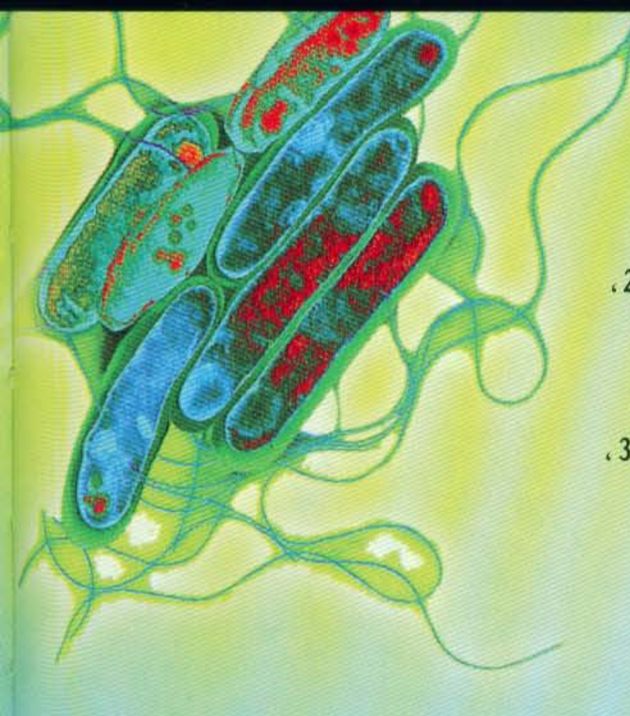
الجينات:

- يحتوى الجينومُ البشرىُّ على حوالى 30000 جين. وكلُّ جين عبارةٌ عن تتابع للحمض النووى يعمل كشفرة لأحد بروتينات أو موادِّ الجسم.
- تستطيعُ الخلايا البشريةُ أن تصنعَ أكثرَ من 200000 بروتين مختلف لأن الجينات تعملُ معًا أحيانًا فى تجميعات مختلفة.
- الجينُ العادىُّ عبارةٌ عن شريط من حوالى 1000 من القواعد المتزاوجة.
- تحتوى أطولُ الجينات على ما يبلغ 3 ملايين من القواعد المتزاوجة بينما تحتوى أقصرُ الجيناتِ على حوالى 50 من القواعد المتزاوجة.

شفرةُ الجيناتِ:

- فى جينٍ ما تشكلُ القواعدُ الأربعُ فى الحمض النووىِّ شفرةً ترمزُ إلى مادةٍ من موادِّ الجسم. وتجرى الشفرةُ على طول جانب واحدٍ من شريط الدنا.
- ترتبُ القواعدُ الأربعُ فى مجموعاتٍ من ثلاث.
- ترمزُ كلُّ مجموعة لحمض أمينىٍّ. تستخدمُ الكائناتُ الحيةُ 20 حمضًا أمينيًا مختلفًا فى تجميعات مختلفة لتصنيع الموادِّ التى يحتاجُون إليها.
- الأحماض الأمينية العشرون هى: الألانين والأرجينين والإسباراجين وحمض الإسبارتيك والسايستين وحمض الجلوتاميك والجلوتامين والجلايسين والهيستيدين والإيزوليوسين والليوسين واللايسين والميثيونين والفينيلالانين والبرولين والسيرين والثريونين والتريبتوفان والتيروسين والفالين.
- يحتوى الجينُ الكاملُ على خيط من مجموعات الأحرف الثلاثة التى تشفرُ لخيط معين من الأحماض الأمينية. ولكى تصنعَ البروتين الذى تحتاجُ إليه تقرأُ الخلايا الجينَ الملائمَ وتجمعُ الأحماض الأمينية بالترتيب، ثم ينثنى خيطُ الأحماض الأمينية ليكونَ جُزىءَ بروتين.

الكشـــــافُ







مقدمةٌ عنِ الجيناتِ والحمضِ النوويِّ

- مقدمة رائعة لهذا الموضوع الشيق والمثير للجدل.
- صور رائعة ثلاثية الأبعاد تأخذك إلى داخل أعماق الخلية لترى مكان الجينات.
- نص سهل بسيط، ورسوم توضيحية ميسرة توضح لك عمل علم الوراثة.
- يقدم هذا الكتاب شرحًا لمعنى الطعام المعدل وراثيًا، والاستنساخ، ومشروع الجينوم البشرى، والعلاج الجينى، والأطفال المصممين، واختبارات الحمض النووى.
- كذلك يستعرض الجوانب الإيجابية و السلبية لعلم الجينات.





6 221133 332163